

Substratstapel, modifiziertes Schichtsystem, Verfahren zum Handhaben des Substratstapels und Vorrichtung für ein solches Verfahren

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Substratstapel, ein modifiziertes Schichtsystem,
5 ein Verfahren zum Handhaben des Substratstapels und eine Vorrichtung für ein solches Verfahren.

In der Halbleiterindustrie existieren unzählige Verfahren, um ein Produktsubstrat mit einem Trägersubstrat zu verbinden. Diese Verbindung ist immer dann notwendig, wenn das
10 Produktsubstrat während mindestens eines Verfahrensschritts stabilisiert werden muss. Ohne ein entsprechendes Trägersubstrat wäre das Produktsubstrat zu fragil und würde beschädigt werden bzw. gänzlich zerbrechen. Nach der entsprechenden Bearbeitung des Produktsubstrats muss das Produktsubstrat vollständig und zerstörungsfrei vom Trägersubstrat entfernt werden. In einigen Verfahren wird das Produktsubstrat mit seiner
15 freien Produktsubstratoberfläche mit einem zweiten Trägersubstrat verbunden, bevor das erste Trägersubstrat entfernt wird. So ist ein mehrmaliger Wechsel möglich, bis alle Seiten des Produktsubstrats entsprechend bearbeitet worden sind. Das Verfahren des temporären Verbindens nennt man Temporärbonden. Das Trennverfahren wird Debonden genannt.

20 Unter einem Temporärbond versteht man eine Verbindungsmethode, bei der zwei Substrate zeitweise fest miteinander verbunden werden, sodass die Bearbeitung eines der beiden Substrate möglich ist. Der Temporärbond zeichnet sich allerdings dadurch aus, dass die beiden Substrate wieder zerstörungsfrei voneinander getrennt werden können.

25 In den letzten Jahrzehnten wurden mehrere unterschiedliche Verfahren und Vorrichtungen entwickelt, um einen solchen Temporärbond zu erzeugen. Insbesondere wurden sogenannte Bondingadhäsive, oder einfach kurz Adhäsive, verwendet, um eine Verbindung zwischen zwei Substraten herzustellen. Das Adhäsiv wurde auf mindestens einem der
30 beiden Substrate aufgebracht. Bei dem Adhäsiv handelte es sich meistens um ein Poly-

mer. In den meisten Fällen handelte es sich um kohlenstoffhaltige, d. h. organische Polymere. Diese Adhäsive zeichnen sich dadurch aus, eine klebende Verbindung zwischen den Substraten herzustellen. Die Substrate müssen also nicht notwendigerweise eben sein, sondern können Erhöhungen besitzen. Nach dem Temporärbond werden die Substrate mit Druck und/oder Hitze beaufschlagt und so zeitweise miteinander verbunden.

Um nach der Prozessierung des Produktsubstrats das Trägersubstrat wieder entfernen zu können, werden unterschiedliche Debondingverfahren angewandt. Eines dieser Debondingverfahren ist das sogenannte Slide-Off Debonding.

Bei diesem Verfahren wird der Substratstapel auf eine Temperatur erhitzt, bei der die Viskosität des Adhäsiv so weit sinkt, dass das Polymer seine Klebeeigenschaft verliert. Nach dem Erreichen der gewünschten Temperatur wird eine Scherkraft entlang der Substratoberflächen angebracht und die beiden Substrate voneinander abgescher. Die Abscherung erfolgt durch eine Scherbewegung der Substrathalter, an denen die Substrate befestigt sind.

Ein weiteres Verfahren ist das Edge-Zone-Debonding. Bei diesen Verfahren werden spezielle Trägersubstrate erzeugt, die nur am Rand eine hohe Adhäsion zum Adhäsiv aufweisen. Der größte Teil der Trägersubstratoberfläche ist durch eine Antihafschicht (engl.: anti sticking layer) beschichtet. Die Haftung des Adhäsiv am Rand reicht aus, um das Produktsubstrat fehlerfrei zu prozessieren. Der Debond erfolgt dann durch eine Zerstörung des Adhäsiv an der äußeren Randzone des Trägersubstrats. Da diese Zone eine sehr geringe Dicke aufweist, kann die Zerstörung schnell erfolgen. Zur Zerstörung des Adhäsiv werden chemische und/oder mechanische Mittel verwendet.

Ein weiteres Verfahren kombiniert ein Adhäsiv mit einer sogenannten Löseschicht (engl.: release layer). Die Löseschicht wird am Trägersubstrat und/oder am Produktsubstrat aufgebracht. Vorzugsweise erfolgt die Aufbringung am Trägersubstrat, um das Produktsubstrat nicht mit dem Material der Löseschicht zu verschmutzen. Das Trägersubstrat mit der Löseschicht wird danach mit einem Adhäsiv zum Produktsubstrat gebondet. Nachdem das Produktsubstrat fertig prozessiert ist, wird mit Hilfe eines Lasers, der vorzugsweise über die Trägersubstratseite auf die Löseschicht fokussiert wird, eine Delamination durch die Zerstörung der Löseschicht bewirkt. Der Energieeintrag kann sehr genau fokussiert und dosiert werden, sodass das Produktsubstrat nicht zerstört wird. Dieses Verfahren wird zwar als Weiterentwicklung im Stand der Technik angesehen, da der Debondprozess

durch den Laser immens vereinfacht wird, allerdings muss immer noch ein Adhäsiv verwendet werden. Die Temperaturstabilität ist daher in diesem Verfahren immer noch nicht gegeben.

- 5 Die genannten Debondverfahren haben den Nachteil, dass die maximal erlaubte Temperatur, bei der die Prozessierung des Produktsubstrats erfolgt, gering sein muss. Muss das Produktsubstrat einen Verfahrensschritt durchlaufen, der eine höhere Temperatur erfordert, kann die Haftfestigkeit des Adhäsivs so weit absinken, dass das Produktsubstrat nicht mehr am Trägersubstrat fixiert werden kann und zerstört wird oder gänzlich bricht.

10

Es existieren weitere Temporärbond und Debondverfahren basierend auf der Verwendung von Adhäsiven, die hier nicht vollständig aufgezählt werden sollen.

- 15 Eine Weiterentwicklung der Temporärbondmethode besteht darin, anstatt eines Adhäsiv auf Polymerbasis ausschließlich metallische und/oder keramische Schichten zu verwenden. Durch deren hohe Temperaturstabilität kann die Prozesstemperatur für das Produktsubstrat immens erhöht werden. Die bereits aus dem Stand der Technik bekannte und verwendete Löseschicht wird beibehalten und dient auch in diesen Verfahren zur Delamination des Produktsubstrats vom Trägersubstrat.

20

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung die aus dem Stand der Technik bekannten Bondschichten dahingehend zu verbessern, dass sie zusätzliche Funktionalitäten zulassen, die beim Handhaben des Substratstapels in einem oder mehreren Prozessschritten von Vorteil sind.

25

- Die vorliegende Erfindung löst die Aufgabe mit einem Substratstapel gemäß Anspruch 1, mit einem modifizierten Schichtsystem gemäß Anspruch 9, mit einem Verfahren gemäß Anspruch 10 und mit einer Vorrichtung zum Bonden gemäß Anspruch 14. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben. In den Rahmen der Erfindung fallen auch sämtliche Kombinationen aus zumindest zwei in der Beschreibung, in den Ansprüchen und/oder den Zeichnungen angegebenen Merkmalen. Bei angegebenen Wertebereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Grenzwerte offenbart gelten und in beliebiger Kombination beanspruchbar sein.

30

- 35 Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Substratstapel vorgesehen, umfassend

- ein Trägersubstrat und
- ein Produktsubstrat,

wobei für eine Primärfunktion zwischen dem Trägersubstrat und dem Produktsubstrat ein modifiziertes Schichtsystem, das ein Schichtsystemmaterial zum Erfüllen der Primärfunktion umfasst, ausgebildet ist,

5 wobei zum Bereitstellen einer zusätzlich zur Primärfunktion vorgesehenen Zusatzfunktionalität das modifizierte Schichtsystem derart ausgestaltet ist, dass zumindest bereichsweise ein Absorptionsverhalten für einen Bereich zwischen Trägersubstrat und Produktsubstrat abweicht von einem Absorptionsverhalten, das sich für eine vollständige Füllung des Bereichs zwischen Trägersubstrat und Produktsubstrat mit dem Schichtsystemmaterial einstellen würde.

10

Gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Schichtsystemen ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass dem Schichtsystem eine Zusatzfunktion, zusätzlich zu der Primärfunktion zukommt. Die Primärfunktion ist beispielsweise das Erstellen einer Verbindung zwischen dem Produktsubstrat und dem Trägersubstrat, insbesondere eines Bonds, besonders bevorzugt eines temporären Bonds zwischen dem Produktsubstrat und dem Trägersubstrat oder die Möglichkeit des einfachen, insbesondere durch einen Laser ausgeführten, Debondes, bei dem das Trägersubstrat und das Produktsubstrat zunächst über das Schichtsystem miteinander verbunden sind. Durch die Zusatzfunktion ist es beispielsweise möglich, das Schichtsystem dahingehend zu präparieren oder modifizieren, dass es beispielsweise einen Ausrichtungsprozess unterstützen oder ein Debonde verbessern kann. Dadurch erweist sich das Schichtsystem als vorteilhaft, da es beispielsweise andere

15

20

25

Zusatzfunktionalitäten, insbesondere unabhängig von dem verwendeten Schichtsystemmaterial und dessen optischen Absorptionsverhalten, bereitstellt, die andernfalls aufwendig in anderer Art und Weise realisiert werden müssten. Die Erfindung zeichnet sich daher besonders bevorzugt durch das multifunktionale Schichtsystem aus.

30 Im weiteren Verlauf des Textes kann unter einem Produktsubstrat auch eine Menge an Schichten verstanden werden, die durch mehrere unterschiedliche Verfahren, insbesondere mindestens ein epitaktisches Verfahren, auf dem Schichtsystem des Trägersubstrats direkt, insbesondere ohne einen Bondvorgang, erzeugt werden. Bevorzugt ist das modifizierte Schichtsystem und/oder das Produktsubstrat jeweils ein Teil mehrere Lagen, die

35

beispielsweise durch ein epitaktisches Verfahren zur Bildung des Substratstapels gebildet wurden. Beispielsweise umfassen das Produktsubstrat und das Schichtsystem jeweils

mehrere Lagen, die insbesondere auf das Trägersubstrat aufgetragen oder auf dem Trägersubstrat ausgebildet wurden.

- 5 Dabei ist es besonders bevorzugt vorgesehen, wenn es sich bei dem Bonden um ein temporäres Bonden handelt. Die oberste Schicht des Schichtsystems, die als Bondschicht wirkt, weist insbesondere einen adhäsiven Charakter auf, der insbesondere für ein temporäres Bonden ausgestaltet ist. Dabei ist es insbesondere bevorzugt vorgesehen, dass das Trägersubstrat dicker ist als das Produktsubstrat, um für eine entsprechende Stabilität zu sorgen. Ferner ist es bevorzugt vorgesehen, dass der Bereich mit dem geänderten Absorptionsverhalten, insbesondere vollständig, von Schichtsystemmaterial umgeben ist, insbesondere in einer parallel zur Haupterstreckungsebene verlaufenden Ebene, und/oder im Bereich mit dem geänderten Absorptionsverhalten eine reduzierte Menge an Schichtsystemmaterial ausgebildet ist. Als Schichtsystemmaterial wird insbesondere das Material verstanden, das zur Ausprägung der Primärfunktion herangezogen wird, beispielsweise zum Bonden und/oder Lösen zwischen Trägersubstrat und Produktsubstrat. Das Schichtsystem kann ferner weitere Elemente, beispielsweise weitere Lagen oder Schichten, umfassen, die nicht zum Schichtsystemmaterial zu zählen sind, aber die Zusatzfunktionalität verursachen. Das Schichtsystemmaterial ist bestimmt durch die Primärfunktion. Sofern als Primärfunktion ein Bonden gemeint ist, wird als Schichtsystemmaterial dasjenige Material angenommen, dass für das Bonden verantwortlich ist. Sieht das Schichtsystem ein weiteres Material vor, bestimmt dies eine Zusatzfunktionalität und ist nicht dem Schichtsystemmaterial zuzuordnen, das der Primärfunktion zugeordnet ist. Dies gilt auch für solche Materiallagen, die zu einer Verstärkung der Primärfunktion hinzugefügt wurden.
- 15 20 25 30 Insbesondere handelt es sich bei der Zusatzfunktionalität, um eine solche Funktionalität, die im Zusammenhang mit dem optischen Absorptionsverhalten steht, beispielsweise das geänderte optische Absorptionsverhalten für eine bestimmte Funktion nutzt. Vorzugsweise nutzt die Zusatzfunktion das Absorptionsverhalten oder ist ein Resultat des Absorptionsverhalten. Beispielsweise wird gezielt Licht absorbiert und/oder transmittiert in dem Bereich mit den geänderten Absorptionsverhalten, um diese Funktionalität zu nutzen. Zusammenfassend handelt es sich somit bevorzugt um eine optische Zusatzfunktion.

- 35 Unter dem Absorptionsverhalten ist bevorzugt ein Absorptionsspektrum zu verstehen. Ein solches Absorptionsspektrum kann sich beispielsweise dadurch auszeichnen, dass wellenlängenabhängig Licht absorbiert und/oder transmittiert wird. Eine Änderung des Absorptionsverhaltens liegt insbesondere dann vor, wenn beispielsweise für eine bestimmte

Wellenlänge ein Absorptionsvermögen abnimmt und/oder erhöht wird. Vorliegend ist es vorgesehen, dass als Referenz das Absorptionsverhalten, insbesondere das Absorptionsspektrum, angenommen wird, das sich einstellt, wenn in einem beobachteten Teilbereich des Schichtsystems zwischen Produktsubstrat und Trägersubstrat ausschließlich Schichtsystemmaterial vorgesehen ist. Dadurch ist es in vorteilhafter Weise möglich, durch eine entsprechende räumliche Modulation oder eine Reduktion des Schichtsystems das Absorptionsverhalten dahingehend zu reduzieren, dass die effektive optische Weglänge durch das Schichtsystemmaterial reduziert wird. Dadurch lässt sich als Zusatzfunktionalität eine lokale Transparenz schaffen.

10

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, dass eine Materialverteilung des Schichtsystemmaterials im Schichtsystem zumindest zeitweise räumlich modelliert ist. Vorzugsweise ist die Materialverteilung des Schichtsystemmaterials dauerhaft, d. h. zumindest während des Zeitraums, in dem der Bond zwischen Produktsubstrat und Trägersubstrat vorliegt, ausgestaltet. Beispielsweise ist dies realisierbar, indem transparente Bereiche innerhalb des Schichtsystems ausgebildet werden, indem beispielsweise ein Freibereich vorgesehen ist und/oder ein transparentes Material für eine bestimmte Wellenlänge in dem Bereich in das Schichtsystem eingelassen wird, die ansonsten im Wesentlichen aus dem Schichtsystemmaterial besteht.

20

Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass das Schichtsystem zumindest einen transparenten Bereich, insbesondere einen Freibereich aufweist. Insbesondere lässt sich vor dem Bonden von Produktsubstrat und Trägersubstrat gezielt Material an festgelegten Bereichen ausnehmen bzw. herauslösen, um auf diese Weise einen entsprechenden Freibereich sicherzustellen, der es gestattet, dass, insbesondere im Fall eines transparenten Trägersubstrats, eine Ausrichtung anhand Ausrichtungsmarken am Produktsubstrat erfolgen kann. Der transparente Bereich bildet hierbei mit Vorteil einen fensterähnlichen Bereich aus, der eine visuelle Erfassung des Produktsubstrats und insbesondere der Ausrichtungsmarken am Produktsubstrat zulässt, wenn die visuelle Erfassung, beispielsweise durch eine Kamera oder durch das menschliche Auge, auf diejenige Seite des Substratstapels gerichtet ist, auf der sich das Trägersubstrat erstreckt. Das Schichtsystem kann beispielsweise auch einlagig aus einer Schicht bereitgestellt werden, deren Primärfunktion die Erstellung eines Bonds ist.

35 Der fensterähnliche Bereich ist vorzugsweise quadratisch. Die Maße des fensterähnlichen Bereichs liegen zwischen 50 µm x 50 µm und 500 µm x 500 µm, bevorzugt zwischen 100

$\mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ und $200 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$. Denkbar sind auch nichtquadratische, rechteckige fensterähnliche Bereich, beispielsweise im Bereich zwischen $40 \mu\text{m} \times 200$.

Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass das Schichtsystem eine Ausrichtungsmarke in
5 und/oder auf mindestens einer seiner Schichten aufweist, insbesondere wenn das
Schichtsystem aus mehreren Schichten gebildet ist. Dadurch ist es in vorteilhafter Weise
möglich, ein Produktsubstrat, insbesondere ein Produktsubstrat mit Strukturen, gezielt re-
lativ zu der Ausrichtungsmarke im Schichtsystem auszurichten. Dabei ist die Ausrich-
tungsmarke aus einem Material gefertigt, das von Schichtsystemmaterial dem Material
10 der Schicht, in und/oder auf dem die Ausrichtungsmarke erzeugt wurde, abweicht,
wodurch wiederum in dem Bereich der Anordnung der Ausrichtungsmarke ein Absorpti-
onsverhalten modifiziert ist gegenüber einem Absorptionsverhalten, das sich einstellt,
wenn das Schichtsystem in diesem Bereich vollständig aus Schichtsystemmaterial be-
steht. Dadurch kommt der Bondschicht eine Zusatzfunktion zu. Zu dem Schichtsystemma-
15 terial werden keine Ausrichtungsmarken gezählt oder Zwischenlagen, die zusätzlich zu
dem Schichtsystemmaterial vorgesehen sind.

Insbesondere ist es vorgesehen, dass zur frequenzselektiven Beeinflussung des Absorpti-
onsverhaltens das Schichtsystem Schichtsystemmaterial und Zwischenlagen, vorzugs-
20 weise als dielektrische Schichten, umfasst. Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass zur fre-
quenzselektiven Beeinflussung des Absorptionsverhaltens des Schichtsystems das
Schichtsystem aus unterschiedlichen, insbesondere alternierenden, Schichten bzw. Ein-
zellagen gebildet wird. Dadurch ist es in vorteilhafter Weise möglich, durch eine gezielte
Schichtanordnung, insbesondere durch eine abwechselnde Schichtanordnung von
25 Schichtsystemmaterial unterschiedlichen, insbesondere alternierenden Materialien, fre-
quenzselektiv auf das Absorptionsverhalten in der Bondschicht einzuwirken. Dies erweist
sich insbesondere dann als vorteilhaft, wenn gezielt ein Absorptionsvermögen für be-
stimmte festgelegte Laserwellenlängen erhöht werden soll. Dadurch kann beispielsweise
erreicht werden, dass Laserlicht gezielt lediglich in einer Löseschicht und/oder Bond-
30 schicht absorbiert wird, um durch den hierbei lokal erzeugten Wärmeeintrag einen De-
bondprozess auszulösen. Dabei wirken insbesondere die einzelnen Lagen bzw. Schichten
des Schichtsystems derart zusammen und/oder sind derart zueinander angeordnet, dass
aufgrund von interferometrischen Effekten oder Überlagerungen gezielt Absorptionen er-
höht werden können. Vorzugsweise handelt es sich bei einigen Schichten des Schichtsys-
35 tems um vergleichsweise dünne Metallschichten. Denkbar ist aber auch eine Kombination
aus Metall- und Nichtmetallschichten.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist es vorgesehen, dass das Schichtsystem entlang einer Haupterstreckungsebene geschlossen ist und vorzugsweise das Absorptionsverhalten über den gesamten Bereich zwischen Trägersubstrat und Produktsubstrat räumlich konstant ist. Dadurch kann vorzugsweise sichergestellt werden, dass ein Bond- und ein anschließender Debondprozess effektiv über die gesamte Fläche wirken kann, die zum Bonden zwischen Produktsubstrat und Trägersubstrat beiträgt.

Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass die Primärfunktion eine Verbindung, insbesondere ein Bond, zwischen dem Produktsubstrat und dem Trägersubstrat ist, wobei das Schichtsystem vorzugsweise zumindest eine Bondschicht mit einem Bondschichtmaterial umfasst. Besonders vorgesehen ist, dass das Schichtsystem mehrere dielektrische Schichten aufweist und/oder das Schichtsystemmaterial ein Polymer umfasst.

Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass es sich bei dem verwendeten Licht um Laserlicht handelt. Beispielsweise kann es sich hierbei um gepulstes Laserlicht handeln, bei dem besonders hohe Energieeinträge oder Energien erzeugt werden können. Das Laserlicht sollte von den Substraten, welche der Laser durchdringen muss, möglichst minimal absorbiert werden. Vorzugsweise ist eine Wellenlänge des Laserlichts derart angepasst, dass das Trägersubstrat und/oder das Produktsubstrat transparent oder zumindest semi-transparent für die verwendete Wellenlänge ist. Die Löseschicht innerhalb des Schichtsystems sollte das Laserlicht maximal absorbieren, um einen Debond einzuleiten. Da die Substrate im Allgemeinen viel dicker sind als das Schichtsystem ist das Absorptionsverhalten des Substrats, durch welches der Laser geschossen wird, von entscheidender Bedeutung. Als Beispiel sei Silizium erwähnt, das Material, aus dem die meisten Substrate in der Halbleiterindustrie gefertigt werden.

Handelt es sich bei dem Trägersubstrat oder dem Produktsubstrat um ein Siliziumsubstrat, dann sollte die Wellenlänge des Lasers zwischen 1 μm und 10 μm liegen, da Silizium in diesem Wellenlängenbereich eine sehr hohe Transmittanz, also Durchlässigkeit, von bis zu 50% besitzt. Werden andere Substrate gewählt könnte es notwendig sein einen Laser mit einer anderen Wellenlänge zu wählen.

Insbesondere ist es vorgesehen, dass zum Auftrennen Laserlicht, insbesondere gepulstes Laserlicht, verwendet wird. In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens ist vor-

gesehen, dass die Laserstrahlen eine Wellenlänge zwischen 0.1 μm und 500 μm , vorzugsweise zwischen 0.2 μm und 100 μm , noch bevorzugter zwischen 0.3 μm und 50 μm , am bevorzugtesten zwischen 0.5 μm und 10 μm , am allerbevorzugtesten zwischen 1 μm und 2.5 μm aufweist. Auf diese Weise kann die Trennschicht besonders effizient und gezielt bestrahlt werden. Das Trägersubstrat ist vorzugsweise durchlässig für die Laserstrahlen.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens ist vorgesehen, dass die Pulsenergie der Laserstrahlen zwischen 0.01 μJ und 128 μJ , vorzugsweise zwischen 0.125 μJ und 64 μJ , noch bevorzugter zwischen 0.25 μJ und 32 μJ , am bevorzugtesten zwischen 0.5 μJ und 16 μJ , am allerbevorzugtesten zwischen 1 μJ und 8 μJ beträgt. Es hat sich herausgestellt, dass mit diesen Pulsenergien eine Beschädigung des Produktsubstrates vermieden werden kann. In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens ist vorgesehen, dass die Pulsdauer der Laserstrahlen zwischen 10000 ps und 1 ps, vorzugsweise zwischen 1000 ps und 1 ps, noch bevorzugter zwischen 500 ps und 1 ps, am bevorzugtesten zwischen 100 ps und 1 ps, am allerbevorzugtesten zwischen 50 ps und 1 ps beträgt. Diese Pulsdauer erlaubt ein gezieltes Einwirken zum Trennen.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein modifiziertes Schichtsystem für einen erfindungsgemäßen Substratstapel, wobei mindestens eine Schicht ein Keramikmaterial umfasst, bevorzugt besteht. Alle für den Substratstapel beschriebenen Vorteile und Eigenschaften gelten analog für das Schichtsystem. Insbesondere wird als Schichtsystem ein System verstanden, dessen einzelne Schichten so zusammengesetzt sind, dass sie eine spezielle optische Aufgabe erfüllen. Dabei ist es vorstellbar, dass das Schichtsystemmaterial als solches bereitgestellt wird und lediglich zwischen Produktsubstrat und Trägersubstrat angeordnet werden muss. Beispielsweise ist bereits in dem bereitgestellten Schichtsystem, beispielsweise in einer einlagen Bondschicht, eine Ausnehmung zur Ausbildung eines transparenten Bereichs vorgesehen, in den entweder eine Komponente aus einem anderen Material einfüllbar ist und/oder der bereits eingesetzt ist und/oder der dauerhaft frei bleibt.

Das Schichtsystem umfasst bevorzugt mindestens eine Schicht. Vorzugsweise sind alle Schichten des Schichtsystems Hartstoffschichten, insbesondere Metall- und/oder Keramikschichten. Denkbar ist allerdings auch die Verwendung mindestens einer Polymer-

schicht, insbesondere eines Adhäsives. Bei den Schichten zur Ausbildung des Schichtsystems handelt es sich vorzugsweise um eine Schicht aus einer der folgenden Materialklasse

- Dielektrikum, insbesondere
 - 5 ○ Nitrid, insbesondere
 - TiN, CrN, TaN, AlN, NiN, Si₃N₄
 - Carbide, insbesondere Karbonschichten
 - Oxid
 - weniger bevorzugt Polymer
- 10 • Elektrum, vorzugsweise
 - Metall, insbesondere
 - Cr, Al, Ta, Co, Ni, Mn, Fe, Au, Ga, Sn, Ge, W, Cu, In

Das Schichtsystem wird beispielweise auf mindestens einer der im Folgenden beschriebenen Arten modifiziert.

In einer ersten Ausführungsform verfügt das Schichtsystem über transparente Bereiche um eine Rückseitenausrichtung (engl.: back side alignment) des Produktsubstrats zu erlauben. Die transparenten Bereiche erlauben die Sicht durch das Trägersubstrat auf die Produktsubstratoberfläche, die mit der Trägersubstratoberfläche über das Schichtsystem verbunden ist. Dadurch wird eine Ausrichtung des am Trägersubstrat fixierten Produktsubstrats zu einem weiteren Produktsubstrat ermöglicht. Voraussetzung dafür ist die Transparenz des Trägersubstrats für die verwendete Wellenlänge. Das Trägersubstrat darf dabei keine absorbierenden Schichten oder Bereiche besitzen.

Unter einem transparenten Bereich wird ein Teilabschnitt innerhalb des Schichtsystems verstanden, durch den eine Vermessung möglich ist. Die transparenten Bereiche können daher aus einem für die elektromagnetische Strahlung transparenten Material bestehen. Denkbar ist allerdings auch, dass es sich bei den transparenten Bereichen um ein festkörperfrees Volumenelement innerhalb des Schichtsystems handelt, d. h. um Bereiche, in denen kein Material vorhanden ist. Die Transparenz würde sich dann auf das Vakuum bzw. einem eingeschlossenen Gas bzw. Gasgemisch, insbesondere die Atmosphäre, beziehen.

- In einer zweiten Ausführungsform verfügt das Schichtsystem über Ausrichtungsmarken, welche zur Positionierung eines Substrats und/oder von mindestens einem Plättchen (engl.: die, plural dies) und/oder Chip verwendet werden können. Denkbar ist beispielsweise auch, dass bei einem mehrschichtigen Schichtsystem, dass die Ausrichtungsmarke zwischen zwei Lagen bzw. Schichten des Schichtsystems angeordnet ist. Die Plättchen werden entweder direkt in einem Produktsubstrat erzeugt oder werden in einer Gussmasse zu einem Chip vergossen. Die Gussmasse bildet dann zusammen mit den vergossenen Chips das Produktsubstrat. Die Plättchen und/oder Chips verfügen über Ausrichtungsmarken. Durch die Verwendung eines optischen Systems können die Ausrichtungsmarken auf den Plättchen und/oder Chips und dem Schichtsystem gleichzeitig beobachtet werden. Mindestens eine Schicht des Schichtsystems fungiert in diesem Fall als Ausrichtungsmarkenschicht.
- Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Handhaben eines erfindungsgemäßen Substratstapels mit einem Trägersubstrat, einem Produktsubstrat und einem Schichtsystem, wobei das Schichtsystem zwischen Trägersubstrat und Produktsubstrat angeordnet ist. Alle für den Substratstapel beschriebenen Vorteile und Eigenschaften lassen sich analog übertragen auf das Verfahren und andersrum. Durch die Ausbildung eines entsprechenden Schichtsystems im Substratstapel ist es in vorteilhafterweise möglich, im weiteren Fertigungsprozess und/oder Handhabungsprozess des Substratstapels zusätzliche Funktionen und Funktionalitäten sicherzustellen, die den weiteren Prozess vereinfachen. Beispielsweise ist es denkbar, dass eine Ausrichtung des Produktsubstrats gegenüber einem weiteren Produktsubstrat vereinfacht wird oder, dass ein Debondprozess vereinfacht wird oder, dass ein Bondprozess mit einem weiteren Produktstapel unterstützt werden kann.
- Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass Licht auf den Substratstapel gerichtet wird. Dies trifft insbesondere auch dann zu, wenn beispielsweise mit einer entsprechenden Optik, beispielsweise einem entsprechenden Kamerasystem, eine Ausrichtungsmarke aufgenommen bzw. detektiert wird. Hierzu ist es erforderlich, dass die entsprechende Ausrichtungsmarke mit einer entsprechenden Lichtquelle ausgeleuchtet wird. Bevorzugt ist es vorgesehen, dass zur gezielten Absorption des Schichtsystems Licht, insbesondere Laserlicht, auf das Schichtsystem gerichtet wird, insbesondere besonders bevorzugt auf die Bindungsschicht fokussiert wird.

Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass zur Ausrichtung eines Strukturelements oder eines weiteren Produktsubstrats das Licht durch Freibereiche in dem Schichtsystem transmittiert wird. Dadurch ist es in vorteilhafter Weise möglich, auch solche Schichtsystemmaterialien zu verwenden, die andernfalls aufgrund ihres üblichen Absorptionsverhaltens verhindern, dass Licht durch das Schichtsystem transmittiert wird. Durch einen entsprechenden fensterartigen transparenten Bereich ist es bereits möglich, Ausrichtungsmarken am Produktsubstrat auch von der Seite her zu erkennen auf der das Trägersubstrat angeordnet ist. Mit anderen Worten: Man kann durch die entsprechenden transparenten Bereiche auch Ausrichtungsmarken dann erkennen, wenn man aus Richtung des Trägersubstrats auf das Produktsubstrat blickt bzw. dieses in entsprechender Richtung visuell erfassen möchte, beispielsweise durch eine Optik, insbesondere ein Kamerasystem.

Verwendet man Infrarotlicht zur Beobachtung durch Silizium, so kann es vorteilhaft sein, Infrarotlicht mit einer Wellenlänge von ungefähr 1 μm zu wählen, um den Kontrast zwischen Silizium und Nicht-Siliziumbereichen zu erhöhen.

Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass Licht für ein Debonden vom Trägersubstrat und Produktsubstrat absorbiert wird. Dadurch ist es in vorteilhafter Weise möglich, den Debondprozess zwischen Produktsubstrat und Trägersubstrat auszulösen, insbesondere dann, wenn eine weitere Bindung zwischen Produktsubstrat und Trägersubstrat nicht mehr erwünscht ist. Dies lässt sich durch eine Beleuchtung mit Licht der entsprechenden Wellenlänge und insbesondere mit einer Intensität oberhalb einer Schwellenintensität veranlassen.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zum Durchführen eines erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei die Vorrichtung eine Lichtquelle und/oder eine Kamera aufweist. Durch eine entsprechende Nutzung einer Lichtquelle und/oder einer Kamera kann insbesondere das geänderte Absorptionsverhalten ausgenutzt werden, um eine entsprechende Zusatzfunktionalität zu realisieren bzw. nutzen zu können. Alle für den Substratstapel und das Verfahren beschriebenen Vorteile und Eigenschaften lassen sich analog übertragen auf die Vorrichtung.

Besonders bevorzugt ist es vorgesehen, dass die Lichtquelle angepasst ist an das Schichtsystem. Insbesondere ist vorgesehen, dass eine Wellenlänge, beispielsweise eines Laserlichtes, abgestimmt ist auf die Absorption oder ein Absorptionsverhalten der Bond- und/der Löseschicht des Schichtsystems.

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

5 Die zeigen in:

- Figur 1** Seitenansicht eines Substratstapels mit einem ersten erfindungsgemäßen
Bondschrift,
- Figur 2** eine Seitenansicht eines Verfahrensschritts eines face-to-face Verfahrens,
- 10 **Figur 3** eine Seitenansicht eines Verfahrensschritts eines face-to-face Verfahrens,
- Figur 4** eine Seitenansicht eines Verfahrensschritts eines face-to-back Verfahrens,
- 15 **Figur 5** eine Seitenansicht eines Verfahrensschritts eines face-to-back Verfahrens,
- Figur 6** eine Seitenansicht eines Verfahrensschritts eines back-to-back Verfahrens,
- Figur 7** eine Seitenansicht eines Verfahrensschritts eines back-to-face Verfahrens,
- 20 **Figur 8** eine Seitenansicht eines gebondeten Substratstapels,
- Figur 9** eine Seitenansicht eines Debondprozesses und
- 25 **Figur 10** eine Seitenansicht eines Substratstapels mit einem zweiten erfindungsgemäßen Bondschrift
- Figur 11** ein spezielles Ausführungsbeispiel für ein Schichtsystem und
- 30 **Figur 12** eine weitere Möglichkeit, das Schichtsystem 2 zu verwenden

In den Figuren sind gleiche Bauteile oder Bauteile mit der gleichen Funktion mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Die folgenden Figuren zeigen vereinfachte Seitenansichten eines Verfahrensschritts eines Ausrichtungsprozesses. Der Übersichtlichkeit wegen wird das Auffinden der Ausrichtungsmarken mit Hilfe einer optischen Teilvorrichtung nur an der rechten Seite anschaulich dargestellt (siehe Figuren 2 bis 7). Im Allgemeinen befindet sich eine entsprechende optische

5 Teilvorrichtung auch noch an der linken Seite einer entsprechenden Ausrichtungsvorrichtung. Mögliche Ausrichtungsvorrichtungen werden in den Druckschriften US 6,214,692 B1, US 10,692, 747 B2, US 9,851,645 B2, US 9,418,882 B2 und US 9,576,825 B2 genau beschrieben. Die optische Teilvorrichtung wird vereinfacht durch eine obere Optik und eine untere Optik dargestellt, die mechanisch miteinander gekoppelt sind. Jede der bei-

10 den Optiken kann durch mehrere, im Idealfall durch sechs, Freiheitsgrade zueinander ausgerichtet werden. Die Optiken werden als zueinander kalibriert angesehen. Entsprechende Kalibrierverfahren sind beispielsweise aus den Druckschriften US 9,418,882 B2 und US 9,464,884 B2 Bekannt. Im Idealfall sind die optischen Achsen der beiden Optiken kollinear. Da eine Kollinearität allerdings schwer zu erreichen ist, werden die Optiken vor-

15 zugsweise so ausgerichtet, dass ihre optischen Achsen sich in einem Fokusbereich, insbesondere einem Fokuspunkt, schneiden. Im Allgemeinen schneiden sich dann auch die Schärfentiefebereiche der beiden Optiken in diesem Fokusbereich. Das aufgezeichnete Bild einer jeden Optik wird auf der linken Seite einer jeden Optik, innerhalb eines Kreises, schematisch dargestellt. Im weiteren Verlauf des Textes wird ein solches aufgezeichnetes

20 Bild nur mehr als Bild bezeichnet.

Unter einem face-to-face Ausrichtungsprozess versteht man ein Verfahren, bei dem sich die Ausrichtungsmarken 5 an den Bondgrenzflächen befinden. Ein face-to-back oder back-to-face Ausrichtungsprozess ist ein Verfahren, bei dem sich die Ausrichtungsmarken

25 5 eines ersten Produktsubstrats an dessen Bondgrenzfläche und die Ausrichtungsmarken des zweiten Produktsubstrats an der, der Bondgrenzfläche gegenüberliegenden, Produktsubstratoberfläche befindet. Ein back-to-back Ausrichtungsprozess ist ein Verfahren, bei dem sich die Ausrichtungsmarken ausschließlich an den, den Bondgrenzflächen gegenüberliegenden, also den außenliegenden Produktsubstratoberflächen befinden.

30

Das zweite Produktsubstrat 3' wird des Weiteren immer als dick genug dargestellt, um nicht von einem zweiten Trägersubstrat 1 stabilisiert werden zu müssen. Denkbar ist allerdings auch eine Stabilisierung des Produktsubstrats 1' durch ein weiteres Trägersubstrat 1.

Die **Figur 1** zeigt eine vereinfachte Seitenansicht eines Substratstapels, umfassend ein Trägersubstrat 1 mit einer Bondschicht 2 und einem Produktsubstrat 3. Das Trägersubstrat 1 ist im Allgemeinen dicker als das zu stabilisierende Produktsubstrat 1. Das Produktsubstrat 3 ist über das Schichtsystem 2 mit dem Trägersubstrat 1 verbunden. Das Schichtsystem 2 verfügt hierbei über mehrere transparente Bereiche 4.

In den weiteren Figuren werden die Orientierung zweier Produktsubstrate 3, 3' zueinander beschrieben. Die Ausrichtungsmarken eines jeden Produktsubstrats können sich dabei an der Produktsubstratoberfläche befinden, die zur Bondgrenzfläche wird (face Ausrichtung) oder an der Produktsubstratoberfläche, die der Bondgrenzfläche gegenüber liegt (back Ausrichtung). Entsprechend ergeben sich vier Orientierungsmöglichkeiten der Produktsubstrate 3, 3' zueinander, face-to-face, face-to-back, back-to-back und back-to-face. Da auf dem ersten Produktsubstrat 3, das Schichtsystem 2 vorhanden ist, bezieht sich die erste Orientierung auf das erste Produktsubstrat 3, die zweite Orientierung auf das zweite Produktsubstrat 3'.

Die **Figur 2** zeigt eine vereinfachte, rechte Seitenansicht eines Verfahrensschritts eines face-to-face Ausrichtungsprozesses zwischen einem, auf einem Trägersubstrat 1 fixiertem, ersten Produktsubstrat 3 mit einem zweiten Produktsubstrat 3'. Die beiden Produktsubstrate 3, 3' sowie das Trägersubstrat 1 sind transparent in dem von den Optiken 6 verwendeten Wellenlängenbereich. Die obere Optik 6 vermisst die Ausrichtungsmarke 5 des oberen Produktsubstrats 3'. Die Ausrichtungsmarke 5 wird im Bild 7 gräulich dargestellt, da die Photonen, die zur oberen Optik 6 gelangen, das Trägersubstrat 3' passieren müssen und dadurch die Intensität, d. h. die Anzahl der Photonen, abgeschwächt wird. Im Stand der Technik wäre eine Vermessung der Ausrichtungsmarke 5 des unteren Produktsubstrats 3 nicht möglich, da das Schichtsystem 2 im Allgemeinen intransparent für die verwendete Wellenlänge wäre. Bevorzugt befinden sich allerdings transparente Bereiche 4 im Schichtsystem 2, die eine direkte Sicht auf die Ausrichtungsmarken 5 des ersten Produktsubstrats 3 erlauben. Auch hier zeigt das Bild 7 der unteren Optik 6 eine abgeschwächte Ausrichtungsmarke 5, da die Photonen das Trägersubstrat 1, den transparenten Bereich 4 und das Produktsubstrat 3 passieren müssen. Im Idealfall sind zumindest einige Teile der Begrenzung des transparenten Bereichs 4 im Bild 7 erkennbar. Bei den transparenten Bereichen 4 kann es sich um ein Material handeln, das für die verwendete elektromagnetische Strahlung transparent ist. Einfacher und bevorzugt ist allerdings ein gänzlicher Verzicht auf ein abgeschiedenes Material, sodass die transparenten Bereich 4 materiefrei sind.

Die **Figur 3** zeigt eine vereinfachte, rechte Seitenansicht eines Verfahrensschritts eines face-to-face Ausrichtungsprozesses zwischen einem, auf einem Trägersubstrat 1 fixiertem, ersten Produktsubstrat 3 mit einem zweiten Produktsubstrat 3'. Das zweite Produktsubstrat 3' sowie das Trägersubstrat 1 sind transparent, während das erste Produktsubstrat 3 intransparent ist. Obwohl die Ausrichtungsmarke 5 am zweiten Produktsubstrat 3 nicht direkt von der unteren Optik 6 beobachtet werden kann, ist der transparente Bereich 4 des Schichtsystems 2 sichtbar. Der transparente Bereich 4 ist im Bild 7 der unteren Optik 6 erkennbar. Kennt man die Orientierungsbeziehung zwischen der Ausrichtungsmarke 5 des ersten Produktsubstrats 3 und dem transparenten Bereich 4, kann der transparente Bereich 4 also selbst als Ausrichtungsmarke verwendet werden. Eine solche Orientierungsbeziehung ist sehr leicht zu vermessen, indem man vor dem eigentlichen Ausrichtungsvorgang der beiden Produktsubstrate 3, 3' das erste Produktsubstrat 3 allein mit den beiden Optiken 6 vermisst. Die obere Optik 6 fokussiert dabei die Ausrichtungsmarke 5 des unteren Produktsubstrats 3, während gleichzeitig die untere Optik 6 den transparenten Bereich 4 des Schichtsystems 2 fokussiert. Die beiden so entstehenden Bilder 7 erlauben die Vermessung der Orientierungsbeziehung.

Die **Figur 4** zeigt eine vereinfachte, rechte Seitenansicht eines Verfahrensschritts eines face-to-back Ausrichtungsprozesses zwischen einem, auf einem Trägersubstrat 1 fixiertem, ersten Produktsubstrat 3 mit einem zweiten Produktsubstrat 3'. Das obere Substrat 6 kann die Ausrichtungsmarke 5 des zweiten Produktsubstrats 3' direkt vermessen. Entsprechend intensiv erscheint die Ausrichtungsmarke 5 im Bild 7 der oberen Optik 6. Das erste Produktsubstrat 3 wird analog zum unteren Produktsubstrat 3 der Figur 2 vermessen. Erkennbar sind wieder die Ausrichtungsmarke 5 des ersten Produktsubstrats 3, die für die untere Optik 6 durch die Verwendung der transparenten Bereiche 4 des Schichtsystems 2 sichtbar ist, sowie der transparent Bereich 4.

Die **Figur 5** zeigt eine vereinfachte, rechte Seitenansicht eines Verfahrensschritts eines face-to-back Ausrichtungsprozesses zwischen einem, auf einem Trägersubstrat 1 fixiertem, ersten Produktsubstrat 3 mit einem zweiten Produktsubstrat 3' bei dem das erste Produktsubstrat 3 allerdings wieder intransparent ist. Diese Ausführungsform ist also eine Kombination aus den Figuren 3 und 4.

Die **Figur 6** zeigt eine vereinfachte, rechte Seitenansicht eines Verfahrensschritts eines back-to-back Ausrichtungsprozesses zwischen einem, auf einem Trägersubstrat 1 fixiertem, ersten Produktsubstrat 3 mit einem zweiten Produktsubstrat 3', bei dem sich die Ausrichtungsmarken 5 des ersten Produktsubstrats 3 und des zweiten Produktsubstrats 3' auf den der Bondgrenzfläche gegenüberliegenden Produktsubstratoberflächen liegen. Auch in dieser Ausführungsform wird die Transparenz der transparenten Bereiche 4 ausgenützt, um die Ausrichtungsmarke 5 des ersten Produktsubstrats 3 beobachten zu können.

Die **Figur 7** zeigt eine vereinfachte, rechte Seitenansicht eines Verfahrensschritts eines back-to-face Ausrichtungsprozesses zwischen einem, auf einem Trägersubstrat 1 fixiertem, ersten Produktsubstrat 3 mit einem zweiten Produktsubstrat 3', bei dem die Ausrichtungsmarke 5 des ersten Produktsubstrats 3 sich auf der von der Bondgrenzfläche abgewandten Produktsubstratoberfläche befindet. Die Ausrichtungsmarke 5 des zweiten Produktsubstrats 3' hingegen zeigt zur Bondgrenzfläche. Auch in dieser Ausführungsform wird die Transparenz der transparenten Bereiche 4 ausgenützt, um die Ausrichtungsmarke beobachten zu können.

Die **Figur 8** zeigt eine vereinfachte, seitliche Ansicht zweier zueinander gebondeter Produktsubstrate 3, 3'. Das untere Produktsubstrat 3 ist über das Schichtsystem 2 immer noch am Trägersubstrat 1 fixiert. Durch den erzeugten Bond zwischen den beiden Produktsubstraten 3, 3' ist der so entstandene Produktsubstratstapel allerdings viel stabiler und das Trägersubstrat 1 kann, sofern notwendig, entfernt werden. Denkbar wäre allerdings, dass das Produktsubstrat 3' erneut prozessiert wird und mehrere weitere Produktsubstrate 3'', 3''' (nicht eingezeichnet) zu diesem System gebondet werden. Entsprechend ergäbe sich dann ein Multiproduktsubstratstapel.

Die **Figur 9** zeigt eine vereinfachte, seitliche Ansicht eines Debondprozesses. Der Debondprozess erfolgt mit Hilfe eines Lasers 8. Das Trägersubstrat 1 muss dabei für die verwendete Laserstrahlung des Lasers 8 transparent sein. Andererseits muss das Schichtsystem 2 eine möglichst hohe Absorption für die Photonen des Lasers 8 aufweisen um die Delamination, den Debond, zu ermöglichen. Das Schichtsystem 2 besteht mindestens aus einer Löseschicht, welche durch den Laser 8 einer entsprechenden Ablation unterliegt. Ist die Löseschicht die einzige Schicht des Schichtsystems 2, ist sie gleichzeitig auch eine Bondschicht. Denkbar ist allerdings auch, dass das Schichtsystem 2 aus mehreren Schichten besteht. Denkbar ist beispielsweise, dass eine Löseschicht auf dem Trägersubstrat 1 aufgebracht wurde, auf der eine Oxidschicht abgeschieden wurde. In diesem Fall

würde das Schichtsystem 2 aus einer Löseschicht und einer Oxidschicht bestehen. Die Oxidschicht würde als Bondschicht wirken, die Löseschicht würde ausschließlich für den Debondvorgang genutzt werden.

- 5 Denkbar ist auch, dass die gezeigten Verfahrensschritte mit zwei Produktsubstraten 3 durchgeführt werden, von denen jedes zu einem eigenen Trägersubstrat 1 gebondet wurde. In diesem Fall würde das erfindungsgemäße Schichtsystem 2 an beiden Trägersubstraten 1 vorhanden sein und könnte vorteilhafterweise an beiden Trägersubstraten 1 benutzt werden.

10

- Die **Figur 10** zeigt eine vereinfachte, seitliche Ansicht eines Trägersubstrat 1, auf dem eine weitere, zweite Ausführungsform des Schichtsystems 2 hergestellt wurde. Das Schichtsystem 2 verfügt in diesem Fall über Ausrichtungsmarken 5. Des Weiteren wird ein Produktsubstrat 3, das über mehrere Strukturen, insbesondere funktionale Einheiten, am bevorzugtesten über Chips 9 verfügt, die ebenfalls über korrespondierende weitere Ausrichtungsmarken 5' verfügen, dargestellt. Das erste Produktsubstrat 3 muss für eine Optik 6 transparent sein, sodass die Ausrichtungsmarken 5 des Schichtsystems 2 und die Ausrichtungsmarken 5' der Chips 9 im Produktsubstrat 3 gleichzeitig detektiert werden können. Denkbar ist, dass die Chips 9 direkt im Produktsubstrat 3 gefertigt wurden. Das Produktsubstrat 3 ist dann beispielsweise Silizium und für die Beobachtung und Vermessung wird Infrarotlicht verwendet. Denkbar ist auch, dass es sich bei dem Produktsubstrat 3 um eine Gussmasse handelt, welche verwendet wurde, um die Chips 4 einzugießen. In diesem Fall müsste eine Gussmasse verwendet werden, die entsprechend transparent für die jeweils verwendete elektromagnetische Strahlung ist. Das Bild 7 der Optik 6 zeigt, dass sich die Ausrichtungsmarke 5' nicht auf der horizontal dargestellten Linie befindet. Denkbar wäre, dass sich beide Ausrichtungsmarken 5, 5' auf dieser Linie befinden müssen. Entsprechend könnte das untere Trägersubstrat und/oder das obere Produktsubstrat 3 entsprechend verschoben werden. Der Fachmann auf dem Gebiet versteht, dass es in diesem speziellen Fall darum gehen wird, alle Chips 9 optimal zum Bondschicht 2 auszurichten, was eine Beobachtung mehrerer Positionen erfordert.
- 15
- 20
- 25
- 30

- In **Figur 11** ist ein spezielles Ausführungsbeispiel für ein Schichtsystem 2 dargestellt, das zur Ausbildung eines Substratstapels gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorstellbar ist. Während sich die Ausführungsbeispiele der Figuren 1 bis 10 im Wesentlichen auf die optische Erfassung von Ausrichtungsmarken durch
- 35

transparente Bereiche im Schichtsystem 2 oder die optische Erfassung von Ausrichtungsmarken im Schichtsystem 2 gewidmet haben, ist das Schichtsystem 2 durch seine Schichtenlage so definiert, dass es eine spezielle Transmissions- und Absorptionsfähigkeit besitzt. Hierzu ist es vorgesehen, dass das Schichtsystem 2 alternierende Schichten aufweist, die das Transmissions- und Absorptionsverhalten elektromagnetischer Strahlung beeinflussen. Vorzugsweise handelt es sich um eine Mehrzahl von Schichten 10. Durch die entsprechende Beabstandung, bevorzugt äquidistante Anordnung der Schichten 10, ist es in vorteilhafterweise möglich, frequenzselektiv auf das Absorptionsverhalten einzuwirken. Dadurch ist es wiederum in vorteilhafter Weise möglich, die Absorption für bestimmte Wellenlängen im Vergleich zu anderen Wellenlängen zu erhöhen. Dadurch kann gezielt die Absorption für eine Wellenlänge optimiert werden, für die beispielsweise das Trägersubstrat transparent ist. Durch die erhöhte Absorption im Schichtsystem 2 ist es so dann möglich, aufgrund des Energieeintrags, die Bondfunktionalität, d. h. die Hauptfunktionalität, aufzuheben, wodurch ein entsprechender Debondprozess gestattet ist. Durch die gezielte Einstellung einer erhöhten Absorption für eine bestimmte Wellenlänge kann somit in vorteilhafter Weise ein entsprechender Energieaufwand für das Debonden reduziert werden, insbesondere deswegen, weil der Energieübertrag auf die Bondschicht optimiert und effizienter gestaltet werden kann. Alternative oder ergänzend ist es vorstellbar, dass dem Schichtsystemmaterial Material beigefügt wird, dessen Absorptionsverhalten für eine bestimmte Wellenlänge erhöht ist.

Die **Figur 12** zeigt eine weitere Möglichkeit, das Schichtsystem 2 zu verwenden. Auf einem Trägersubstrat 1 wird ein Schichtsystem 2 abgeschieden. Das Schichtsystem 2 besteht im vorliegenden Fall aus einer Löseschicht 11 und einer Keimschicht 12 (engl.: seed layer). Denkbar wäre beispielsweise auch, das Schichtsystem 2 zusätzlich mit den Schichten 10, 10' gemäß Fig. 11 zu versehen, um einen entsprechenden Transmissions- oder Absorptionseffekt zu erzielen. Der Einfachheit halber wird allerdings nur eine Löseschicht 11 dargestellt. Die Keimschicht 12 dient als Ausgang für die Erzeugung einer epitaktischen Schicht 13. Im Allgemeinen ist die Herstellung einer solchen epitaktischen Schicht 13 kompliziert und muss durch mehrere Verfahrensschritte, insbesondere durch die Erzeugung mehrerer weiterer Schichten, erzeugt werden. Ein sehr häufig angewandtes Verfahren ist die Erzeugung einer epitaktischen Schicht 13 durch Überwuchs. Der Übersichtlichkeit halber wird auf den genauen Schichtaufbau verzichtet. Es wird nur eine epitaktische Schicht 13 auf einem Schichtsystem 2, insbesondere auf der Keimschicht 12, dargestellt. In dieser, insbesondere sehr dünnen, epitaktischen Schicht 13 können nun funktionale Einheiten erzeugt werden. Durch einen Laserbeschuss der Löseschicht 11

kann die Keimschicht 12 mit der epitaktischen Schicht 13 vom Trägersubstrat 11 gelöst werden. Im Allgemeinen wird die epitaktische Schicht 13 vorher mit Ihrer Oberfläche zu einem anderen Substrat (nicht dargestellt) gebondet. Denkbar ist aber auch, dass die epitaktische Schicht 13 direkt vom Trägersubstrat 1 abgenommen und, insbesondere auf ei-

5 nem Folienträger, fixiert wird. Die Figur 12 zeigt, dass ein erfindungsgemäßes Schichtsystem 2 nicht notwendigerweise mit einem Bondvorgang verbunden sein muss. Die so erzeugte epitaktische Schicht kann dann auch als Produktsubstrat im Sinne der Erfindung angesehen werden.

Bezugszeichenliste:

	1	Trägersubstrat
	2	Schichtsystem
5	3, 3'	Produktsubstrat
	4	Transparenter Bereich
	5	Ausrichtungsmarke
	6	Optik
	7	Bild
10	8	Laser
	9	Chip
	10	Schichten
	11	Löseschicht
	12	Keimschicht
15	13	Epitaktische Schicht

Ansprüche

1. Substratstapel umfassend
- 5 - ein Trägersubstrat (1) und
- ein Produktsubstrat (3),
- wobei für eine Primärfunktion zwischen dem Trägersubstrat (1) und dem Produktsubstrat (3) ein modifiziertes Schichtsystem (2), das ein Schichtsystemmaterial zur Realisierung der Primärfunktion umfasst, ausgebildet ist,
- 10 wobei zum Bereitstellen einer zusätzlich zur Primärfunktion vorgesehenen Zusatzfunktionalität das Schichtsystem (2) derart ausgestaltet ist, dass zumindest bereichsweise ein Absorptionsverhalten für einen Bereich zwischen Trägersubstrat (1) und Produktsubstrat (3) abweicht von einem Absorptionsverhalten, das sich für eine vollständige Füllung des Bereichs zwischen Trägersubstrat (1) und Produktsubstrat (3) mit dem Schichtsystemmaterial einstellen würde.
- 15
2. Substratstapel gemäß Anspruch 1, wobei eine Materialverteilung des Schichtsystemmaterials im Schichtsystem (2) zumindest zeitweise räumlich moduliert ist, vorzugsweise entlang einer Haupterstreckungsebene und/oder entlang einer senkrecht zur Haupterstreckungsebene verlaufenden Richtung.
- 20
3. Substratstapel gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Schichtsystem (2) zumindest einen transparenten Bereich (4), insbesondere einen Freibereich, aufweist.
- 25
4. Substratstapel gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Schichtsystem (2) eine Ausrichtungsmarke (5) aufweist.
5. Substratstapel gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zur frequenzselektiven Beeinflussung des Absorptionsverhaltens das Schichtsystem (2) Schichtsystemmaterial und Zwischenlagen (12), vorzugsweise als dielektrische Schichten, umfasst.
- 30
6. Substratstapel gemäß Anspruch 5, wobei das Schichtsystem (2) entlang einer Haupterstreckungsebene geschlossen ist und vorzugsweise das Absorptions-

verhalten über den gesamten Bereich zwischen Trägersubstrat (1) und Produktsubstrat (3) räumlich konstant ist.

- 5 7. Schichtsystem gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Primärfunktion eine Verbindung, insbesondere ein Bond, zwischen dem Produktsubstrat (3) und dem Trägersubstrat (1) ist, wobei das Schichtsystem (2) vorzugsweise zumindest eine Bondschicht mit einem Bondschichtmaterial umfasst.
- 10 8. Substratstapel gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Schichtsystem (2) mehrere dielektrische Schichten aufweist und/oder das Schichtsystemmaterial ein Polymer umfasst.
- 15 9. Modifiziertes Schichtsystem (2) für einen Substratstapel gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Schichtsystemmaterial für die Bondschicht (2) vorzugsweise ein Keramikmaterial umfasst.
- 20 10. Verfahren zum Handhaben eines temporären Bonds eines Substratstapels mit einem Trägersubstrat (1), einem Produktsubstrat (3) und einer Bindungsschicht (2) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bindungsschicht (2) zwischen Trägersubstrat (1) und Produktsubstrat (3) angeordnet wird.
- 25 11. Verfahren gemäß Anspruch 10 gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Licht auf den Substratstapel gerichtet wird.
- 30 12. Verfahren gemäß Anspruch 10 oder 11, wobei zur Ausrichtung eines Strukturelements (5, 5') oder eines weiteren Produktsubstrats das Licht durch Freibereiche (4) in der Bondschicht (2) transmittiert wird.
- 35 13. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei für ein Debonden von Trägersubstrat und Produktsubstrat Licht absorbiert wird.
14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei im Bereich der Bondschicht eine Gasblase (13) erzeugt wird, die bevorzugt das Produktsubstrat (3) zumindest bereichsweise deformiert.

15. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahren gemäß einem der Ansprüche 10 bis 14, wobei die Vorrichtung eine Lichtquelle und/oder eine Kamera aufweist aufweist.