

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

Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen und zum Bereitstellen von elektronischen Bauteilen

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen und zum Bereitstellen von elektronischen Bauteilen.

Im Stand der Technik existieren mehrere Verfahren, um Substrate miteinander zu verbinden. Insbesondere existieren auch mehrere Verfahren, bei denen einzelne Bauteile, die auch als Substrate aufgefasst werden können, zu einem anderen, größeren Substrat, beispielsweise einem Wafer, gebondet werden. Oft ist es notwendig sicherzustellen, dass eine Grenzfläche zwischen den Substraten beziehungsweise den Bauteilen frei von Kontaminationen, insbesondere Oxiden oder Nitriden, sind. Um die Kontaminationsfreiheit zu gewährleisten, werden Reinigungsschritte durchgeführt.

Des Weiteren ist es sehr oft notwendig, nach einer Reinigung eine Oberflächenmodifikation durchzuführen, die einen verbesserten Bond zwischen den Substraten gewährleistet und die spätere Funktionalität der Bauteile sicherstellt. Diese Oberflächenbehandlungen sind vor allem beim Direktbonds von Bedeutung. Beim Direktbonds werden vorwiegend dielektrische Oberflächen oder Halbleiteroberflächen miteinander verbondet. Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang das Bonden von sogenannten Hybridoberflächen, die aus einem dielektrischen Bereich, insbesondere einem Oxid, und elektrischen Bereichen für die Kontaktierung, bestehen.

Die Oberflächenbehandlungen erfolgen im Stand der Technik häufig nach der Vereinzelung des Substrates zu Bauteil, da während der Vereinzelung die behandelten Oberflächen geschädigt und kontaminiert werden. Dabei gestaltet sich das Durchführen einer Oberflächenbehandlung auf den vereinzelter Bauteilen nicht einfach, da die Oberflächen klein sind und somit hohe Anforderungen an die Genauigkeit und Präzision der Mittel zum Behandeln der Oberflächen vorausgesetzt werden. Weiterhin können andere Oberflächen oder die Vakuumumgebung durch die Oberflächenbehandlungen kontaminiert werden.

Im Stand der Technik werden derartige Verfahrensschritt vorzugsweise in einer Vakuumumgebung durchgeführt. Nachteilig dabei ist, dass in einer Vakuumumgebung andere Verfahrensschritte gar nicht oder nur sehr schlecht durchgeführt werden können.

Einer der Verfahrensschritte, der schwer oder gar nicht in einer Vakuumumgebung durchgeführt werden kann, ist die Vereinzelung eines Substrats (Bauteils substrat) zu einzelnen Bauteilen. Eine Vereinzelung eines Substrats mit mechanischen, optischen oder chemischen Mitteln führt regelmäßig zu einer Partikelerzeugung. Partikel sind in einer Vakuumumgebung unerwünscht, da sie die gesamte Vakuumumgebung kontaminieren. Denkbar ist zwar, dass die Vakuumumgebung aus einzelnen Modulen besteht, die zueinander abgeschlossen sind, sodass eine Kontamination nur auf ein Modul beschränkt ist. Vorteilhafter ist jedoch eine Vereinzelung eines Substrates zu Bauteilen außerhalb einer Vakuumumgebung durchzuführen.

Nach einer Vereinzelung von Substraten zu einzelnen Bauteilen, werden die vereinzelter Bauteile einer Oberflächenbehandlung unterzogen, um

- 3 -

anschließend besser auf ein Produktsubstrat beziehungsweise weiteres Bauteil gebondet werden zu können. Insofern ist insbesondere die kontaminationsfreie Bereitstellung der vereinzelt Bauteile, insbesondere der behandelten Oberflächen der Bauteile, von besonderer Bedeutung. Zwischen dem Bauteil und dem Produktsubstrat entsteht beziehungsweise befindet sich insbesondere die Grenzfläche, die über bestimmte Eigenschaften verfügt, um die Funktionalität des Bauteils zu gewährleisten.

Im Stand der Technik sind Vorrichtungen und Verfahren beschrieben, in denen die Bauteiloberflächen von Sauerstoff- und/oder Stickstoffverbindungen bearbeitet beziehungsweise gereinigt werden können. Die Bearbeitung und Reinigung der Bauteiloberflächen erfolgen dabei teilweise in jeweils einer Vorrichtung, die unter Vakuum arbeiten kann. Allerdings werden die Bauteile danach wieder aus dieser Vorrichtung entfernt und somit der Atmosphäre ausgesetzt. Die frisch gereinigten und aktivierten Bauteiloberflächen der vereinzelt Bauteile werden somit kontaminiert. Anschließend werden die Bauteile dann in einer anderen Vorrichtung auf ein Produktsubstrat gebondet. Entlang dieses Weges können die Bauteiloberflächen erneut kontaminiert werden. Durch die Kontamination erhöht sich die Anzahl der defekten Bauteile und der Bearbeitungsaufwand.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen und zum Bereitstellen von Bauteilen aufzuzeigen, welche die im Stand der Technik aufgeführten Nachteile zumindest zum Teil beseitigen, insbesondere vollständig beseitigen. Es ist insbesondere Aufgabe der Erfindung ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zum Erzeugen und zum Bereitstellen von Bauteilen aufzuzeigen. Es ist insbesondere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen und zum Bereitstellen von Bauteilen aufzuzeigen, welche die Ausschussrate der Bauteile verringern. Es ist weiterhin Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen

- 4 -

und zum Bereitstellen von Bauteilen aufzuzeigen, welches besonders zuverlässig und frei von Kontamination durchführbar ist beziehungsweise welche besonders zuverlässig und kontaminationsarm arbeitet. Ferner ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erzeugen und zum Bereitstellen von Bauteilen aufzuzeigen, mit welchen die behandelten Oberflächen, insbesondere die zum Bonden vorgesehenen Grenzflächen der Bauteile, geschützt werden können.

Die vorliegende Aufgabe wird mit den Merkmalen der nebengeordneten Ansprüche gelöst. 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.

Demnach betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen mit zumindest den folgenden Schritten in der folgenden Reihenfolge:

- i) Bereitstellung eines ersten Substrates mit einer ersten Substratoberfläche und einer zweiten Substratoberfläche,
- ii) Durchführung einer Oberflächenbehandlung an der ersten Substratoberfläche, und danach
- iii) Aufbringung einer Schutzschicht auf die behandelte erste Substratoberfläche,
- iv) Vereinzelung des Substrates zu Bauteilen.

- 5 -

Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Erzeugen von elektronischen Bauteilen, zumindest aufweisend Oberflächenbehandlungsmittel zur Oberflächenbehandlung einer ersten Substratoberfläche eines ersten Substrates, Mittel zum Aufbringen einer Schutzschicht auf die erste Substratoberfläche und Vereinzelungsmittel zum Vereinzeln des ersten Substrates zu Bauteilen, wobei die Vorrichtung so ausgebildet ist, dass die erste Substratoberfläche zuerst durch die Oberflächenbehandlungsmittel behandelbar ist und danach die Schutzschicht auf die behandelte erste Substratoberfläche aufbringbar ist.

Die Schutzschicht muss dabei nicht notwendigerweise eine polymere Schutzschicht sein. Bei der Schutzschicht kann es sich um ein Polymer, ein Oxid, ein Nitrid, ein Metall, eine Metalllegierung etc. handeln. Die Schutzschicht kann also elektrisch oder dielektrisch sein und somit über einen kovalenten, metallischen oder ionischen Bindungscharakter verfügen. Die Schutzschicht ist dabei so ausgebildet, dass diese später wieder entfernt werden kann, vorzugsweise vollständig entfernt werden kann. Die Entfernung einer oxidischen Schutzschicht kann beispielsweise mit Hilfe einer Ionenkanone erfolgen.

Exemplarisch wird in der Erfindungsmeldung eine Schutzschicht auf Polymerbasis beschrieben. Die Verwendung eines Polymers als Schutzschicht ist zudem besonders bevorzugt.

Durch das Verfahren und die Vorrichtung können vorteilhaft die Oberflächenbehandlungen beziehungsweise die behandelten Oberflächen geschützt werden. Die Schutzschicht bewahrt die behandelten Oberflächen somit vor der Kontamination, insbesondere vor der Kontamination mit Partikeln, welche bei der Vereinzelung des Substrates zu Bauteilen entstehen, sowie vor der Atmosphäre. Die behandelte Oberfläche wird somit vorteilhaft

konserviert. Ferner können die behandelten Oberflächen vorteilhaft zu einem späteren Zeitpunkt, insbesondere kurz vor dem Bonden, wieder vollfunktionsfähig bereitgestellt werden. Eine flexiblere Gestaltung der Prozesse ist somit vorteilhaft möglich. Zudem kann das erste Substrat nach dem Aufbringen der Schutzschicht auch einfacher transportiert werden. Beim Transport des funktionalisierten ersten Substrats vom Hersteller zur Weiterverarbeitung, insbesondere zur Vereinzelung und zum Bonden auf ein Produktsubstrat, kann die behandelte Oberfläche vorteilhaft geschützt werden.

Bei den zu schützenden Oberflächen des Substrates beziehungsweise der Bauteile handelt es sich vorzugsweise um Hybridbondoberflächen. Eine Hybridbondoberfläche ist eine, vorwiegend aus Oxid bestehende Oberfläche, in denen sich metallische Bereiche, insbesondere aus Kupfer, befinden. In Bezug auf das Verfahren und die Vorrichtung ist Kupfer besonders bevorzugt. Die metallischen Bereiche stellen die Kontaktstellen für die elektrische Kontaktierung der funktionalen Bereiche der Bauteile dar. In solch einem Fall bedeutet eine Entfernung von Sauerstoff- und/oder Stickstoffverbindungen durch Reinigung ein Abtragen derselbigen, bis die entsprechenden elektrischen Bereiche freigelegt beziehungsweise gereinigt wurden. Denkbar ist auch, dass es sich bei den zu schützenden Oberflächen um reine dielektrische Oberflächen, insbesondere reine Oxidoberflächen, handelt.

Weiterhin kann die Oberflächenbehandlung vorteilhaft ganzflächig auf dem zu vereinzelnden Substrat durchgeführt werden. Eine effizientere Erzeugung der Bauteile ist daher möglich. Zudem können mittels des Verfahrens und der Vorrichtung zum Erzeugen und zum Bereitstellen der elektronischen Bauteile die Oberflächen außerhalb eines Vakuums vor der Kontamination durch die Atmosphäre geschützt werden. Ein vorteilhafter Aspekt der Erfindung ist zudem der Schutz der ersten Bauteiloberflächen von mehreren Bauteilen, die zu einem Substrat gebondet werden sollen. In anderen Worten wird durch die Aufbringung einer Schutzschicht auf die erste Substratoberfläche nach deren

Oberflächenmodifikation beziehungsweise Oberflächenbehandlung, diese über weitere Verfahrensschritte hinaus beibehalten. Dadurch können die Verfahren deutlich flexibler durchgeführt werden. Mithin wird auch die Fehlerquote der elektronischen Bauteile reduziert, da die Kontamination bei der Erzeugung und Bereitstellung insgesamt verringert wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen ist vorgesehen, dass die Oberflächenbehandlung in Schritt ii) zumindest eine Reinigung, eine Plasmabehandlung und/oder eine Beschichtung der ersten Substratoberfläche umfasst. Bevorzugt finden mindestens zwei der genannten Oberflächenbehandlungen statt. Auf diese Weise können vorteilhaft sämtliche notwendigen Verfahrensschritte, welche zur einwandfreien Funktionalität und zum Bonden durchgeführt werden sollen, durch die Schutzschicht geschützt werden. Somit muss keine spätere weitere Oberflächenbehandlung der Bauteile vor dem Bonden durchgeführt werden. Die Bauteile können somit flexibler bereitgestellt und verwendet werden. Die Herstellung und Bereitstellung von den Bauteilen ist somit durch die Reinigung, Plasmabehandlung und/oder Beschichtung der ersten Substratoberfläche effizienter mit verringerter Kontamination durchführbar. Insbesondere kann eine Vereinzelung des Substrates vorteilhaft außerhalb einer Vakuumumgebung durchgeführt werden. Auf diese Weise können die durch die Schutzschicht geschützten behandelten Oberflächen vorteilhaft kurz vor dem Bonden bereitgestellt werden. Auch eine Kontamination durch die Reinigung, Plasmabehandlung oder Beschichtung (Oberflächenbehandlungen) selbst sind somit ausgeschlossen.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen ist vorgesehen, dass die Reinigung zumindest eine chemische Reinigung und/oder eine physikalische Reinigung, vorzugsweise durch Sputtern, umfasst. Auf diese Weise können die

Oberflächen besonders rein und frei Kontamination bereitgestellt werden. Insbesondere können vorteilhaft sämtliche Oxidverbindungen und/oder Stickstoffverbindungen entfernt werden. Insoweit sind diese Reinigungen für die Gewährleistung einer geeigneten Oberfläche prädestiniert.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen ist vorgesehen, dass die Beschichtung mit Wasser zur Hydrophilisierung der ersten Substratoberfläche erfolgt. Die Oberfläche kann somit vorteilhaft für ein Bonden mit einem anderen Bauteil oder einem Produktsubstrat vorbereitet werden. Bevorzugt findet zuerst zumindest eine chemische Reinigung, gefolgt von zumindest einer physikalischen Reinigung, insbesondere einer Entfernung von Sauerstoff- und/oder Stickstoffverbindungen, gefolgt von zumindest einer Plasmabehandlung und/oder Beschichtung, insbesondere mit Wasser, statt. Dadurch werden insbesondere Halbleiteroberflächen für einen späteren Direktbond vorbereitet.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen ist vorgesehen, dass nach der Vereinzelung in Schritt iv) die Bauteile jeweils eine erste Bauteiloberfläche und jeweils eine zweite Bauteiloberfläche aufweisen, wobei auf der ersten Bauteiloberfläche jeweils die Schutzschicht aufgebracht ist. Auf diese Weise kann nach der Vereinzelung vorteilhaft die Funktionalität der geschützten Oberfläche gewährleistet werden. Zudem können die vereinzelter Bauteile auf diese Weise besser transportiert, gelagert und flexible in weiteren Verfahren eingesetzt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen ist vorgesehen, dass die Bauteile nach der Vereinzelung in Schritt iv) mit der zweiten Bauteiloberfläche auf

- 9 -

einem Trägersubstrat fixiert werden. Die Fixierung erlaubt vorteilhaft eine exakte Ausrichtung und feste Positionierung, insbesondere zu einem Produktsubstrat. Ferner können vorteilhaft mehrere Bauteile gleichzeitig von dem Trägersubstrat übertragen werden. Eine individuelle und regelmäßige Anordnung der Bauteile ist somit sichergestellt. Ein effizienter Transfer zwischen verschiedenen Modulen kann auf diese Weise vollzogen werden. Dabei werden die behandelten Oberflächen der Bauteile von der Schutzschicht auf der ersten Oberfläche der Bauteile geschützt.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen ist vorgesehen, dass das erste Substrat vor der Vereinzelung in Schritt iv) mit der zweiten Substratoberfläche auf einem zweiten Substrat bereitgestellt wird. Durch die Positionierung des Substrates auf dem zweiten Substrat vor der Vereinzelung kann vorteilhaft sichergestellt werden, dass die Bauteile nach der Vereinzelung gewünscht auf dem zweiten Substrat vorpositioniert sind. Zudem können die Bauteile anschließend gleichzeitig mit dem zweiten Substrat transferiert werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen ist vorgesehen, dass das erste Substrat vor der Vereinzelung in Schritt iv) mit der die Schutzschicht aufweisenden ersten Substratoberfläche auf dem zweiten Substrat bereitgestellt wird. In anderen Worten liegt das erste Substrat vor der Vereinzelung mit der Schutzschicht auf dem zweiten Substrat. Auf diese Weise können bei der Vereinzelung die behandelten Oberflächen noch besser geschützt werden, da Vereinzelungsmittel insbesondere von der Rückseite, also der zweiten Substratoberfläche des ersten Substrates, auf das erste Substrat einwirken. Die behandelten Oberflächen sind somit weiter von dem Einfluss der Vereinzelungsmittel entfernt. Zudem ist eine Beeinflussung

- 10 -

nähere an dem zweiten Substrat beziehungsweise der dem ersten Substrat zugewandten Oberfläche des zweiten Substrates möglichst kurz.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen ist vorgesehen, dass das zweite Substrat eine Folie ist. Folien sind für die Anwendung besonders prädestiniert, da eine temporäre Fixierung der vereinzelter Bauteile vor dem Bonden gewünscht ist. Ferner können die Bauteile leicht von der Folie und ohne großen Aufwand entfernt werden. Zudem sind die Folien günstig und können für den individuellen Anwendungsfall geeignet ausgewählt werden. Derartige Folien können vorteilhaft bereits beschichtet gekauft werden. Beispielsweise können die Folien entsprechend vorbeschichtet sein und optimal anhand der zu erwartenden Prozessparameter ausgewählt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen ist vorgesehen, dass die Folie eine Klebeschicht aufweist und das erste Substrat auf der Klebeschicht fixiert wird. Die Klebeschicht bewirkt dabei eine sichere Fixierung des ersten Substrates beziehungsweise der vereinzelter Bauteile auf der Folie. Die Klebeschicht ist dabei besonders geeignet, um die vereinzelter Bauteile wieder leicht von der Folie zu lösen. Zudem wird durch die Klebeschicht eine Haftschrift bereitgestellt, welche eine möglichst geringe Kontamination der Bauteile im Vergleich zu alternativen Fixierungsmöglichkeiten bereitstellt.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen ist vorgesehen, dass das Verfahren ferner nach der Vereinzelung in Schritt iv) den folgenden Schritt aufweist: v) Entfernung der Schutzschicht von der ersten Bauteiloberfläche der Bauteile. Durch das Entfernen der Schutzschicht kann vorteilhaft die vorbehandelte Oberfläche für das Bonden bereitgestellt werden. Eine weitere

Oberflächenbehandlung, insbesondere Reinigung, nach der Vereinzelung ist somit nicht notwendig. Zudem können die Schutzschichten der einzelnen Bauteile individuell und zeitlich zum Bearbeitungsstatus der zu bondenden Oberfläche passend entfernt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen ist vorgesehen, dass die Entfernung der Schutzschicht in Schritt v) unter Vakuum durchgeführt wird. Der Druck im Vakuum beträgt unter 1 bar, vorzugsweise unter 1 mbar, noch bevorzugter unter 10^{-5} mbar, am bevorzugtesten unter 10^{-9} mbar, am allerbezugtesten bis zu 10^{-12} mbar. Auf diese Weise kann vorteilhaft eine erneute Kontamination der behandelten Oberflächen durch die Atmosphäre verhindert werden. Ferner kann ein Großteil des Verfahrens vorteilhaft unter Vakuum durchgeführt werden, da einige Oberflächenbehandlungen nur schlecht unter Vakuum durchführbar sind. Somit kann die behandelte Oberfläche der Bauteile besonders sicher und kontaminationsfrei bereitgestellt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen ist vorgesehen, dass vor der Entfernung der Schutzschicht in Schritt v) die Bauteile von einem Pick-and-Place-Werkzeug mit der zweiten Bauteiloberfläche übernommen werden und an dem Pick-and-Place-Werkzeug fixiert werden. Die Bauteile liegen dabei mit der die Schutzschicht aufweisenden behandelten Oberfläche an dem zweiten Substrat auf und sind somit besonders gut geschützt. Durch das Pick-and-Place-Werkzeug ist vorteilhaft eine individuelle Übernahme und Übergabe der Bauteile möglich. Zudem können die Bauteile besonders exakt zu der zu bondenden Oberfläche ausgerichtet werden. Dabei können auf diese Weise bestimmte Bauteile selektiv übernommen und fixiert werden. Beispielsweise können nur Bauteile übernommen werden, welche zuvor eine elektrische Prüfung überstanden haben oder eine bestimmte Eigenschaft

aufweisen, welche auf dem zu bondenden Produktsubstrat gefordert sind. Dabei werden die Bauteile vorteilhaft auf der zweiten Bauteiloberfläche kontaktiert. Eine Kontaktierung der behandelten ersten Bauteiloberfläche ist daher nicht notwendig. Die einfach zugängliche zweite Bauteiloberfläche kann somit besonders einfach von dem Pick-and-Place-Werkzeug kontaktiert und übernommen werden. Auf diese Weise ist vorteilhaft eine Bauteildrehung zum Bonden der ersten Bauteiloberflächen, insbesondere zum Bonden mit einem Produktsubstrat, nicht notwendig.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen ist vorgesehen, dass die Entfernung der Schutzschicht erfolgt während die Bauteile an dem Pick-and-Place-Werkzeug fixiert sind. Eine Entfernung der Schutzschicht kann auf diese Weise individuell und ohne eine Gefährdung benachbarter Bauteile erfolgen. Weiterhin kann das Entfernen der Schutzschicht vorteilhaft an einem anderen Ort durchgeführt werden. Daher ist auch eine Gefährdung des zweiten Substrates durch die Mittel zur Entfernung der Schutzschicht oder anderer Bauteile nicht möglich.

Ein vorteilhafter Aspekt des Verfahrens zum Erzeugen und zum Bereitstellen ist der Schutz der Oberflächen mehrerer Bauteile, die zu einem Substrat gebondet werden sollen. Ein besonders vorteilhafter Aspekt besteht darin, dass die Oberflächenmodifikation eines Substrats durch eine Beschichtung des Substrats mit einer Schutzschicht, geschützt wird. Bei der Oberflächenmodifikation handelt es sich beispielsweise und vorteilhaft um eine Plasmabehandlung. Durch die Aufbringung einer Schutzschicht auf die Substratoberfläche nach deren Oberflächenmodifikation wird die Oberflächenmodifikation über weitere Verfahrensschritte hinaus beibehalten. Dadurch können die Verfahren deutlich flexibler durchgeführt werden. Mithin wird auch die Fehlerquote der elektronischen Bauteile reduziert, da die Kontamination bei der Erzeugung und Bereitstellung verringert wird.

Es daher ein weiterer Aspekt des Verfahrens und der Vorrichtung zum Erzeugen und zum Bereitstellen, dass notwendige Verfahrensschritte zur Behandlung einer Oberfläche vor der Beschichtung der Oberfläche mit einer Schutzschicht durchgeführt werden können. Der Vorteil besteht insbesondere darin, dass Verfahrensschritte, die für die Herstellung eines Artikels notwendig sind, am Beginn des Verfahrens durchgeführt werden können.

Bauteil

Unter einem, insbesondere elektronischen, Bauteil wird im Rahmen der Beschreibung ein, insbesondere funktionales, Objekt, dass auf ein Substrat gebondet wird, verstanden. Bei einem Bauteil handelt es sich vorzugsweise um einen Chip, ein MEMS, eine LED, einen Mikrochip oder ähnliche Bauteile. Diese werden insbesondere aus einem Substrat gefertigt. Das Bauteil verfügt entweder selbst über Bauteilausrichtungsmarken oder es werden geometrische Charakteristika wie Ecken, Linien oder Strukturen am Bauteil als Bauteilausrichtungsmarken verwendet.

Erstes Substrat / Bauteilsubstrat

Unter einem ersten Substrat oder einem Bauteilsubstrat versteht man ein Substrat, das für die Herstellung von Bauteilen verwendet wird. Die funktionalen Bereiche der späteren Bauteile werden vorzugsweise in einem Wafer-level Verfahren erzeugt. In diesem Verfahren können unzählige Verfahrensschritte notwendig sein, um die Funktionalität des späteren Bauteils zu erzeugen. Am Ende dieses Verfahrens wird eine Vereinzelung des Substrates durchgeführt. Denkbar ist beispielsweise eine Vereinzelung der Bauteile aus dem Substrat mit Hilfe einer Säge, eines Drahts, eines Lasers oder anderen Hilfsmitteln.

Zweites Substrat / Trägersubstrat

Unter einem zweiten Substrat oder einem Trägersubstrat versteht man ein Substrat, zu dem die Bauteile relativ ausgerichtet und temporär gebondet werden. Es dient ausschließlich der temporären Aufnahme der Bauteile. Das

zweite Substrat verfügt insbesondere über mehrere Ausrichtungsmarken entlang der Trägersubstratoberfläche, die der Ausrichtung der Bauteile relativ zum zweiten Substrat dienen. Diese Ausrichtungsmarken können demnach auch als Bauteilausrichtungsmarken bezeichnet werden. Des Weiteren kann das zweite Substrat über Ausrichtungsmarken verfügen, um das zweite Substrat relativ zu einem dritten Substrat ausrichten zu können. Diese Ausrichtungsmarken können demnach auch als Substratausrichtungsmarken bezeichnet werden. Das zweite Substrat kann aus einem beliebigen Material bestehen, insbesondere aus einer auf einem Rahmen gespannten Folie.

Drittes Substrat / Produktsubstrat

Das dritte Substrat oder Produktsubstrat ist jenes Substrat, auf das die Bauteile vom zweiten Substrat transferiert werden. Das dritte Substrat verfügt vorzugsweise über Ausrichtungsmarken, um relativ zum zweiten Substrat ausgerichtet werden zu können. Diese Ausrichtungsmarken werden, wie beim zweiten Substrat, als Substratausrichtungsmarken bezeichnet. Das Produktsubstrat beziehungsweise der Produktsubstratstapel verfügt über Oberflächen, auf welche die Bauteile mit der ersten Bauteiloberfläche, also mit der die Oberflächenbehandlung aufweisenden Oberfläche, gebondet werden sollen. Durch die Oberflächenbehandlung wird insbesondere die erste Substratoberfläche beziehungsweise die erste Bauteiloberfläche optimal auf die Oberfläche des Produktsubstrat abgestimmt, so dass die Bondeigenschaften zwischen den zu bondenden Oberflächen optimal sind.

Modulsystem

Unter einem Modulsystem, manchmal auch als Vakuumvorrichtung oder Cluster bezeichnet, versteht man eine Menge zusammenhängender Module. Jedes Modul besitzt mindestens eine Anlage. Das charakteristische Merkmal des Modulsystems ist, dass Substrate zwischen unterschiedlichen Verfahrensschritten nicht der Atmosphäre ausgesetzt werden und daher immer unter Vakuum gearbeitet werden kann. Ein besonders bevorzugtes Merkmal des vorgeschlagenen Modulsystems ist, dass Substrate beziehungsweise die auf dem zweiten Substrat fixierten Bauteile zwischen unterschiedlichen

Verfahrensschritten nicht der Atmosphäre ausgesetzt werden und daher konstant unter Vakuum gearbeitet werden kann. Befindet sich ein Substrat einmal im Modulsystem, wird es insbesondere unter einer optimalen Vakuumumgebung weiterbehandelt. Ferner können bevorzugt alle Module des Modulsystems einzeln evakuiert werden.

Im weiteren Text werden einige spezielle Module beschrieben, die vorzugsweise Teil des Modulsystems sind, um das Verfahren zum Erzeugen und Bereitstellen durchführen zu können. Die Module werden daher auch in der Reihenfolge der Verwendung im Herstellungsverfahren aufgezählt.

Der Transport von Substraten bzw. Substratstapeln im Modulsystem erfolgt vorzugsweise über einen Roboter, der sich im Zentrum des Modulsystems befindet oder sich entlang eines Schienensystems bewegen kann.

Das Modulsystem kann somit als Vorrichtung zum Erzeugen und zum Bereitstellen angesehen werden.

Belackungsmodul

Das Modulsystem beziehungsweise die Vorrichtung zum Erzeugen und zum Bereitstellen verfügt über ein Belackungsmodul. Damit können eine Bondschicht und/oder die Schutzschicht auf das Substrat aufgebracht werden. Insoweit bildet das Belackungsmodul die Mittel zum Aufbringen einer Schutzschicht. Die Bondschicht wird besonders bevorzugt auf die zweite Substratoberfläche beziehungsweise auf die zweite Bauteiloberfläche für ein einfacheres Bonden aufgebracht. Das Belackungsmodul ist allerdings optional. Denkbar ist beispielsweise, dass ein Substrat außerhalb des Modulsystems mit der Bondschicht und/oder der Schutzschicht beschichtet und erst im Anschluss in das Modulsystem eingebracht wird. Das ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn der Hersteller des funktionalisierten ersten Substrats, das erste Substrat sofort nach der Funktionalisierung beziehungsweise Oberflächenbehandlung mit einer Schutzschicht versieht.

Sollte sich im Modulsystem ein Belackungsmodul befinden, sollte damit zumindest eine Bondschicht aufgetragen werden können. Diese würde, im

Gegensatz zur Schutzschicht, während des Transports vom Hersteller des funktionalisierten Substrats zum Modulsystem unnötigerweise kontaminiert werden.

Vereinzelungsmodul

Verfügt das Modulsystem über ein Vereinzelungsmodul, kann das Substrat im Modulsystem vereinzelt werden. Denkbar wäre auch, dass die Vereinzelung ebenfalls außerhalb des Modulsystems erfolgt und die bereits vereinzelter Bauteile in das Modulsystem geliefert werden.

Pick-and-Place Modul

Das Pick-and-Place Modul hat die Aufgabe, die einzelnen Bauteile zu übernehmen und auf dem Trägersubstrat beziehungsweise dem zweiten Substrat auszurichten. Ferner wird mittels des Pick-and-Place Moduls die Ausrichtung und das Kontaktieren der Bauteile relativ zu dem Produktsubstrat durchgeführt. Insbesondere bei der Beschichtung der ersten oberflächenbehandelten Substratoberfläche mit einer Schutzschicht vor der Vereinzelung kann das Pick-and-Place Modul die Bauteile einfach aufnehmen, ausrichten, platzieren und bonden. Sollte das Trägersubstrat selbst vollflächig mit einer Bondschicht beschichtet worden sein oder das zweite Substrat eine Klebeschicht aufweisen, werden die Bauteile direkt auf der Bondschicht am Trägersubstrat gebondet beziehungsweise auf der Klebeschicht fixiert.

Reinigungsmodul

Das Reinigungsmodul bildet insbesondere die Mittel zur Entfernung der Schutzschicht von den Bauteilen. Denkbar ist, dass sich auch noch das Reinigungsmodul außerhalb des Modulsystems befindet. In diesem Fall würden die Bauteile ohne die Schutzschicht in das Modulsystem geliefert werden. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Reinigungsmodul allerdings ebenfalls Teil des Modulsystems, damit vorteilhaft die Schutzschicht erst innerhalb des Vakuums entfernt wird und somit die behandelten Oberflächen nicht mit einer Atmosphäre in Kontakt kommen.

Oberflächenbehandlungsmodul

Das Oberflächenbehandlungsmodul ist ein Teil der Vorrichtung zum Erzeugen und zum Bereitstellen von elektronischen Bauteilen. Mit dem Oberflächenbehandlungsmodul wird die erste Substratoberfläche behandelt. Dabei wird die erste Substratoberfläche insbesondere gereinigt und die Bondeigenschaften, durch zum Beispiel Oberflächenaktivierungen, Plasmabehandlungen oder Aufbringung einer weiteren Schicht, verbessert. Insbesondere versteht man unter der Behandlung der Bauteiloberflächen eine Entfernung von Sauerstoff- und/oder Stickstoffverbindungen. Da die ersten Bauteiloberflächen nach der Entfernung von Sauerstoff- und/oder Stickstoffverbindungen noch reaktiver sind und nicht mehr der Atmosphäre ausgesetzt werden dürfen, ist das Oberflächenbehandlungsmodul vorzugsweise ein Teil des Modulsystems sein. Bei dem Oberflächenbehandlungsmodul kann es sich beispielsweise um eine Plasmakammer oder um eine Ionenstrahlkammer handeln. Vorzugsweise handelt es sich um eine Ionenstrahlkammer, wie in der Druckschriften WO2015197112A1.

Insbesondere umfasst das Oberflächenbehandlungsmodul Mittel zur Aktivierung der ersten Bauteiloberflächen beziehungsweise der ersten Substratoberfläche.

Denkbar ist auch, dass im Oberflächenbehandlungsmodul eine Hydrophilisierung der ersten Bauteiloberflächen beziehungsweise der ersten Substratoberfläche erfolgt.

Denkbar ist auch, dass im Oberflächenbehandlungsmodul spezielle Schichten aufgebracht werden, die den Bond zwischen den Bauteilen und dem Produktsubstrat weiter verbessern.

Bondmodul

Nachdem die ersten Bauteiloberflächen beziehungsweise die erster Substratoberfläche im Oberflächenbehandlungsmodul behandelt wurden, erfolgt insbesondere das Bonden der Bauteile mit der ersten Bauteiloberfläche

auf ein Produktsubstrats. Die Schutzschicht auf den behandelten Bauteiloberflächen wird dabei vor dem Bonden entfernt. Dazu wird das Produktsubstrat relativ zum Trägersubstrat ausgerichtet beziehungsweise das Pick-and-Place-Werkzeug richtet das übernommene Bauteil relativ zum Produktsubstrat aus. Das Bondmodul bondet im Anschluss die ausgerichteten beziehungsweise positionierten Bauteile auf das Produktsubstrat. Die Ausrichtung erfolgt dabei vorzugsweise über Ausrichtungsmarken, die sich auf dem Träger- und Produktsubstrat befinden. Das Bondmodul verfügt daher vorzugsweise über eine, vorzugsweise optische, Ausrichtungsanlage. Des Weiteren verfügt das Bondmodul vorzugsweise über Mittel zur Kontaktierung des Produktsubstrats mit den Bauteilen verfügen.

Debondmodul

Nach der Kontaktierung des Produktsubstrats mit den Bauteilen, kann die Verbindung zwischen den Bauteilen und dem Trägersubstrat geschwächt oder gänzlich aufgehoben werden. Sind die Bauteile auf dem Trägersubstrat gebondet worden, können Debondmittel die Hafteigenschaften zwischen den zweiten Bauteiloberflächen und den Trägersubstrat herabsetzen. Werden die Bauteile auf einem zweiten Substrat, insbesondere einer Folie transferiert und insbesondere vereinzelt, kann das Pick-and-Place-Werkzeug als Debondmittel fungieren. Mit solchen Mitteln zum Debonden kann der Transfer vorteilhaft selektiv durchgeführt werden, wenn nur bestimmte Bauteile gedebondet werden.

Die folgenden beispielhaften Verfahren weisen insbesondere die wichtigsten Verfahrensschritte auf, die für das Verfahren zum Erzeugen und zum Bereitstellen notwendig sind. Der Fachmann auf dem Gebiet weiß, dass durchaus mehrere weitere, nicht explizit erwähnte, Verfahrensschritte Teil des Verfahrens sein können.

Oberflächenbehandlung

Unter einer Oberflächenbehandlung versteht man insbesondere jede Beeinflussung der Oberfläche, mit deren Hilfe man eine verbesserte Bondeigenschaft der Substratoberfläche zu einer anderen Oberfläche,

insbesondere anderen Substratoberfläche, erzeugen kann. Unter eine Oberflächenbehandlung fallen daher insbesondere

- Reinigungen, insbesondere
 - Chemische Reinigungen
 - Physikalische Reinigungen, insbesondere
 - Durch Sputtern, insbesondere
 - Entfernung von Oxidverbindungen
 - Entfernung von Stickstoffverbindungen
- Plasmabehandlungen, insbesondere
 - Zur Erzeugung eines Reservoirs
 - Zur Einstellung einer Oberflächenrauigkeit
- Beschichtungen, insbesondere
 - mit Wasser zur Hydrophilisierung der Substratoberfläche.

Die Oberflächenrauigkeit wird entweder als mittlere Rauheit, quadratische Rauheit oder als gemittelte Rauhtiefe angegeben. Die ermittelten Werte für die mittlere Rauheit, die quadratische Rauheit und die gemittelte Rauhtiefe unterscheiden sich im Allgemeinen für dieselbe Messstrecke beziehungsweise Messfläche, liegen aber im gleichen Größenordnungsbereich. Daher sind die folgenden Zahlenwertebereiche für die Rauheit entweder als Werte für die mittlere Rauheit, die quadratische Rauheit oder für die gemittelte Rauhtiefe zu verstehen. Die Rauheit ist dabei kleiner als 100 μm , vorzugsweise kleiner als 10 μm , noch bevorzugter kleiner als 1 μm , am bevorzugtesten kleiner als 100nm, am allerbevorzugtesten kleiner als 10nm.

Ein Maß für die Hydrophobizität beziehungsweise Hydrophilität ist der Kontaktwinkel, der sich zwischen einem Testflüssigkeitstropfen, insbesondere Wasser, und der zu vermessenden Oberfläche ausbildet. Hydrophile Oberflächen verflachen den Flüssigkeitstropfen, da die Adhäsionskräfte zwischen der Flüssigkeit und der Oberfläche über die

Kohäsionskräfte der Flüssigkeit dominieren und bilden daher niedrige Kontaktwinkel. Hydrophobe Oberflächen führen zu einer kugelförmigeren Gestalt des Flüssigkeitstropfens, da die Kohäsionskräfte der Flüssigkeit über die Adhäsionskräfte zwischen der Flüssigkeit und der Oberfläche dominieren. In Bezug auf das Verfahren und die Vorrichtung, sind hydrophile Substratoberflächen bevorzugt, insbesondere da sich diese besonders gut zum Fusionsbonds eignen. Der Kontaktwinkel ist daher insbesondere kleiner als 90° , vorzugsweise kleiner als 45° , noch bevorzugter kleiner als 20° , am bevorzugtesten kleiner als 5° , am allerbevorzugtesten kleiner als 1° .

Die Reinheit einer Substratoberfläche wird vorzugsweise durch die Anzahl und Größe der, insbesondere organischen, Rückstände beschrieben. Die auf einer Substratoberfläche auftretenden Rückstände sind insbesondere kleiner als 100nm, vorzugsweise kleiner als 90nm, noch bevorzugter kleiner als 80nm, am bevorzugtesten kleiner als 70nm, am allerbevorzugtesten kleiner als 60 nm. Die Anzahl der vorgefundenen Rückstände mit einer gewählten Maximalgröße ist insbesondere kleiner als 1000 Partikel/Wafer, vorzugsweise kleiner als 500 Partikel/Wafer, noch bevorzugter kleiner als 250 Partikel/Wafer, am bevorzugtesten kleiner als 100 Partikel/Wafer am allerbevorzugtesten kleiner als 50 Partikel/Wafer.

Die durch die Oberflächenbehandlung behandelte Oberfläche bildet nach dem Bondvorgang die Grenzfläche zu dem Produksubstrat.

Im Allgemeinen kann man die entstehende Grenzfläche als optisch und/oder mechanisch und/oder thermisch und/oder elektrisch ideal bezeichnen. Ideal bedeutet dabei, dass bestmöglich zu erreichende optische und/oder mechanische und/oder thermische und/oder elektrische Eigenschaften durch die Oberflächenbehandlung, insbesondere durch die Entfernung schädlicher Oxide und/oder Nitride, erzielt werden.

Mechanisch ideal bedeutet, dass die mechanischen Eigenschaften, insbesondere die Bondfestigkeit, der Grenzfläche eine möglichst effiziente Haftung zwischen dem Bauteil und dem Produksubstrat ermöglichen. Insbesondere für einen hydrophilen Fusionsbond, der vorzugsweise durch die

Kontaktierung einer Oxidoberfläche am Bauteil und/oder einer Oxidoberfläche am Produktsubstrat zustande kommt, wird die Bondfestigkeit zwischen dem Bauteil und dem Produktsubstrat mit Hilfe der Oberflächenenergie, die zum Trennen einer Einheitsfläche von einem Quadratmeter notwendig ist, charakterisiert. Die Bondfestigkeit ist insbesondere größer als 0.5 J/m^2 , vorzugsweise größer als 1.0 J/m^2 , noch bevorzugter größer als 1.5 J/m^2 , am bevorzugtesten größer als 2.5 J/m^2 , am allerbevorzugtesten größer als 2.5 J/m^2 .

Optisch ideal bedeutet, dass eine elektromagnetische Strahlung bestmöglich, also vorzugsweise ohne oder mit sehr geringem Intensitätsverlust, die Grenzfläche passieren kann. Die Transmissivität ist insbesondere größer als 10%, vorzugsweise größer als 50%, bevorzugt größer als 75%, am bevorzugtesten größer als 95%, am allerbevorzugtesten größer als 99%.

Thermisch ideal bedeutet, dass ein Wärmestrom bestmöglich, also vorzugsweise ohne oder mit sehr geringem Wärmeverlust, die Grenzfläche passieren kann. Der Wärmeverlust ist insbesondere kleiner als 50%, vorzugsweise kleiner als 25%, bevorzugt kleiner als 10%, am bevorzugtesten kleiner als 5%, am allerbevorzugtesten kleiner als 1%.

Elektrisch ideal bedeutet, dass die elektrische Leitfähigkeit über die Grenzfläche hinweg möglichst hoch ist. Die elektrische Leitfähigkeit sollte größer sein als 1 S/m , vorzugsweise größer als 10 S/m , bevorzugt größer als 10^2 S/m , am bevorzugtesten größer als 10^4 S/m , am allerbevorzugtesten größer als 10^6 S/m . Handelt es sich bei den Oberflächen der Bauteile und/oder den Bereichen des Produktsubstrats auf welche die Bauteile gebondet werden, um Hybridoberflächen, dann gilt die Aussage für die elektrische Leitfähigkeit nur für die elektrischen Bereiche.

Die aufgezählten Oberflächenbehandlungen können miteinander kombiniert werden. Vorzugsweise wird zuerst zumindest eine chemische Reinigung, gefolgt von zumindest einer physikalischen Reinigung, insbesondere einer Entfernung von Sauerstoff- und Stickstoffverbindungen, gefolgt von zumindest einer Plasmabehandlung und/oder Beschichtung, insbesondere mit

Wasser, durchgeführt. Besonders bevorzugt wird im Rahmen einer Oberflächenbehandlung die erste Substratoberfläche zuerst gereinigt und anschließend aktiviert, so dass die Bondeigenschaften in Bezug auf die zu bondende Oberfläche des Produktsubstrates optimal sind. Dadurch werden insbesondere Halbleiteroberflächen für einen späteren Direktbond vorbereitet.

Denkbar ist auch die Oberflächenbehandlung einer Sauerstoffoberfläche, bei der das Oxid erhalten bleiben soll. In diesem Fall wird auf die (vollständige) Entfernung des Oxids verzichtet und das Oxid so behandelt, dass die Bondeigenschaften optimal sind.

Die folgenden vorgeschlagenen Verfahren zum Erzeugen und Bereitstellen von Bauteilen weisen insbesondere die wichtigsten Verfahrensschritte auf. Der Fachmann auf dem Gebiet weiß, dass durchaus mehrere weitere, nicht explizit erwähnte, Verfahrensschritte Teil der Verfahren sein können.

Erstes Verfahren

In einem **ersten** Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens wird eine erste Substratoberfläche eines bereitgestellten ersten Substrats behandelt. Die Oberflächenbehandlung umfasst mindestens eine der aufgezählten Oberflächenbehandlungen.

In einem **zweiten** Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens wird die erste, oberflächenbehandelte Substratoberfläche mit einer Schutzschicht versehen. Die Schutzschicht verhindert, dass die nachfolgenden Verfahrensschritte die Oberflächenbehandlung zumindest teilweise rückgängig machen oder verschlechtern. Insbesondere sollte die Abscheidung der Schutzschicht keinen Einfluss auf die Oberflächenbehandlung, insbesondere auf eine Oberflächenmodifikation, selbst haben. In einer Erweiterung des ersten Verfahrens kann auf der, der ersten Substratoberfläche gegenüberliegenden, zweiten Substratoberfläche eine Bondschicht aufgebracht werden. Bei dieser Bondschicht handelt es sich vorzugsweise um eine

Klebeschicht, vorzugsweise um ein Polymer. Derartige Bondschichten werden regelmäßig im Temporärbonden eingesetzt und sind dem Fachmann bekannt.

In einem **dritten** Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens erfolgt eine Vereinzelung des ersten Substrats. Die Vereinzelung führt zu einzelnen Bauteilen, insbesondere zu Chips. Dabei wird durch die auf der ersten Substratoberfläche abgeschiedene Schutzschicht verhindert, dass während der Vereinzelung die Oberflächenbehandlung der ersten Substratoberfläche des ersten Substrats beeinflusst oder verschlechtert wird.

In einem **vierten** Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens werden die einzelnen Bauteile mit ihrer zweiten Bauteiloberfläche auf die erste Substratoberfläche eines zweiten Substrats gebondet. Bei dem zweiten Substrat handelt es sich insbesondere um ein Trägersubstrat, das die Bauteile temporär aufnehmen soll, um sie in einem späteren Verfahrensschritt gleichzeitig mit ihrer oberflächenbehandelten, ersten Bauteiloberfläche zu einer ersten Substratoberfläche eines dritten Substrats zu bonden. Die Platzierung der Bauteile auf dem zweiten Substrat erfolgt vorzugsweise mit Hilfe eines Pick-and-Place-Werkzeuges. Besonders bevorzugt werden die Bauteile in Bezug zu optischen Ausrichtungsmarken, die über das zweite Substrat verteilt sind, ausgerichtet. Die Ausrichtungsmarken werden als Bauteilausrichtungsmarken bezeichnet. Das zweite Substrat verfügt vorzugsweise über weitere Ausrichtungsmarken, die in einem späteren Verfahrensschritt die Ausrichtung des zweiten Substrats zum dritten Substrat erlauben. Die Ausrichtungsmarken werden als Substratausrichtungsmarken bezeichnet.

In einem **fünften** Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens wird die Schutzschicht von der ersten Substratoberfläche des ersten Substrats entfernt. Dabei sollte durch die Entfernung der Schutzschicht die Oberflächenbehandlung nicht oder vernachlässigbar beeinflusst werden. Ganz besonders bevorzugt findet die Entfernung der Schutzschicht in einer Vakuumumgebung statt.

In einem **sechsten** Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens wird das zweite Substrat relativ zu einem dritten Substrat ausgerichtet und mit den Bauteiloberflächen der Bauteile kontaktiert.

In einem **siebten** Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens werden die Bauteile vom zweiten Substrat getrennt, insbesondere mittels Debondmitteln.

Zweites Verfahren

In einem **ersten** Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens wird eine erste Substratoberfläche eines ersten Substrats behandelt. Die Oberflächenbehandlung umfasst mindestens eine der aufgezählten Oberflächenbehandlungen.

In einem **zweiten** Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens wird das erste Substrat mit seiner zweiten Substratoberfläche auf einem zweiten Substrat fixiert. Bei dem zweiten Substrat handelt es sich insbesondere um eine Folie. Die Folie wird vorzugsweise auf einem Rahmen aufgespannt. Die Folie ist vorzugsweise bereits mit einer Klebeschicht versehen. Die Klebeschicht bildet somit insbesondere eine Bondschicht, analog zum ersten Verfahren.

Der erste und zweite Verfahrensschritt kann insbesondere vertauscht sein, sodass das erste Substrat zuerst mit der zweiten Substratoberfläche auf der Folie fixiert wird und erst danach eine Oberflächenbehandlung der ersten Substratoberfläche erfolgt.

In einem **dritten** Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens wird die erste, oberflächenbehandelte Substratoberfläche mit einer Schutzschicht versehen. Die Schutzschicht verhindert, dass nachfolgende Verfahrensschritte die Oberflächenbehandlung nicht negativ beeinflussen oder verschlechtern. Insbesondere sollte die Abscheidung der Schutzschicht selbst keinen Einfluss auf die Oberflächenmodifikation haben.

In einem **vierten** Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens erfolgt eine Vereinzelung des ersten Substrats. Die Vereinzelung führt zu einzelnen Bauteilen, insbesondere zu Chips. Dabei wird durch die auf der ersten Substratoberfläche abgeschiedene Schutzschicht verhindert, dass während der Vereinzelung die Oberflächenbehandlung der ersten Substratoberfläche des ersten Substrats zumindest teilweise rückgängig gemacht oder verschlechtert wird. Die Vereinzelung wird insbesondere erst durchgeführt, nachdem das erste Substrat mit seiner, der ersten Substratoberfläche gegenüberliegenden, zweiten Substratoberfläche auf einer Folie befestigt wurde. Die Folie verfügt vorzugsweise bereits über eine Klebeschicht, sodass auf die Aufbringung einer Bondschicht wie im zweiten Verfahrensschritt des ersten beispielhaften Verfahrens verzichtet werden kann. Derartige Folien können bereits beschichtet gekauft werden. Die Folie entspricht dem zweiten Substrat des ersten beispielhaften Verfahrens und wird insbesondere als zweites Substrat bezeichnet. Dabei ist es beim zweiten Verfahren nicht notwendig die einzelnen Bauteile in Bezug zum zweiten Substrat optimal auszurichten. Sollte die Vereinzelung des ersten Substrats erst nach der Kontaktierung mit der Folie erfolgen, ist eine exakte Ausrichtung nur schlecht möglich. Die Folie dient insbesondere als zweites Substrat und zum Transfer der Bauteile.

In einem **fünften** Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens wird die Schutzschicht von den einzelnen Bauteilen entfernt. Dabei sollte durch die Entfernung der Schutzschicht die Oberflächenbehandlung nicht oder vernachlässigbar beeinflusst werden. Ganz besonders bevorzugt findet die Entfernung der Schutzschicht in einer Vakuumumgebung statt.

In einem **sechsten** Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens können die einzelnen Bauteile mit einem entsprechenden Pick-and-Place-Werkzeug vom zweiten Substrat übernommen und fixiert werden. Anschließend werden die Bauteile auf ein drittes Substrat oder ein anderes Bauteil bzw. einen anderen Bauteilstapel gebondet. Bei dem Übernehmen der Bauteile mittels des Pick-and-place-Werkzeugs werden die ersten

Bauteiloberflächen kontaktiert. Insoweit werden die Bauteile vor einem Bonden gedreht werden, da die Bauteile mit der ersten und oberflächenbehandelten Bauteiloberfläche an das Produktsubstrat gebondet werden sollen. Der Prozess, um die Bauteile von der Folie zu entnehmen, insbesondere ein möglicher Prozess der Bauteildrehung (engl.: chip flip) werden hier nicht näher beschrieben, da sie dem Fachmann auf dem Gebiet bekannt sind.

Drittes Verfahren

In einem **ersten** Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens wird eine erste Substratoberfläche eines ersten Substrats behandelt. Die Oberflächenbehandlung umfasst mindestens eine der aufgezählten Oberflächenbehandlungen.

In einem **zweiten** Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens wird die erste, oberflächenbehandelte Substratoberfläche mit einer Schutzschicht versehen. Die Schutzschicht verhindert dabei, dass nachfolgende Verfahrensschritte die Oberflächenbehandlung zumindest teilweise rückgängig machen oder verschlechtern. Insbesondere sollte die Abscheidung der Schutzschicht keinen Einfluss auf die Oberflächenmodifikation haben.

In einem **dritten** Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens wird das erste Substrat mit seiner ersten Substratoberfläche auf einem zweiten Substrat fixiert. Bei dem zweiten Substrat handelt es sich insbesondere um eine Folie. Die Folie wird vorzugsweise auf einem Rahmen aufgespannt. Die Folie ist vorzugsweise bereits mit einer Klebeschicht versehen. Das erste Substrat wird also im Gegensatz zum zweiten Verfahren mit der Substratoberfläche, die oberflächenbehandelt wurde, auf dem zweiten Substrat fixiert. In diesem Fall kann auch die Klebeschicht der Folie des zweiten Substrats die Funktion einer Schutzschicht übernehmen.

In einem **vierten** Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens erfolgt eine Vereinzelung des ersten Substrats. Die Vereinzelung führt zu einzelnen Bauteilen, insbesondere zu Chips. Dabei wird durch die auf der ersten Substratoberfläche abgeschiedene Schutzschicht und/oder die Klebeschicht verhindert, dass während der Vereinzelung die Oberflächenbehandlung der ersten Substratoberfläche des ersten Substrats zumindest teilweise rückgängig gemacht oder verschlechtert wird. Dabei verhindert zusätzlich vorteilhaft die Orientierung der Bauteile, dass die dem zweiten Substrat zugewandte erste Bauteiloberfläche geschädigt wird. In anderen Worten wird die behandelte Oberfläche durch das Bauteil selbst beziehungsweise durch das erste Substrat selbst, geschützt. Die Vereinzelung wird insbesondere erst durchgeführt, nachdem das erste Substrat mit seiner, der zweiten Substratoberfläche gegenüberliegenden, ersten Substratoberfläche auf einer Folie befestigt wurde. Insoweit liegt die Schutzschicht auf dem zweiten Substrat an. Die Folie verfügt vorzugsweise bereist über eine Klebeschicht, sodass auf die Aufbringung einer Bondschicht wie im zweiten Verfahrensschritt des ersten Verfahrens verzichtet werden kann. Derartige Folien können bereits beschichtet gekauft werden. Die Folie entspricht dem zweiten Substrat des ersten Verfahrens und wird daher auch in diesem zweiten Verfahren als zweites Substrat bezeichnet. Dabei ist es im dritten Verfahren nicht notwendig und auch nicht gewollt, die einzelnen Bauteile in Bezug zum zweiten Substrat optimal auszurichten. Sollte die Vereinzelung des ersten Substrats erst nach der Kontaktierung auf der Folie erfolgen ist das auch nur schlecht möglich.

In einem **fünften** Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens können nun die einzelnen Bauteile mit einem entsprechenden Pick-and-Place-Werkzeug vom zweiten Substrat entnommen. Der Vorteil des dritten Verfahrens besteht insbesondere darin, dass das Pick-and-Place-Werkzeug in der Lage ist, die Bauteile an ihren zweiten Bauteiloberflächen, d.h. an der vormaligen zweiten Substratoberfläche, zu kontaktieren an der keine Oberflächenbehandlung durchgeführt wurde. Damit bleiben die ersten Bauteiloberflächen, d.h. die vormaligen ersten Substratoberfläche, an denen

eine Oberflächenbehandlung durchgeführt wurde, frei zugänglich. Eine Bauteildrehung (engl.: chip flip) ist in diesem bevorzugten Verfahren nicht nötig.

In einem **sechsten** Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens wird die Schutzschicht von den einzelnen Bauteilen entfernt. Sollte der zweite Verfahrensschritt ausgelassen worden sein, dann kann dennoch eine Reinigung durchgeführt werden, da die Oberflächenbehandlung mit der Klebeschicht der Folie des zweiten Substrats in Kontakt war. Dabei sollte durch die Entfernung der Schutzschicht und/oder der Klebeschicht die Oberflächenbehandlung nicht oder vernachlässigbar beeinflusst werden. Vorzugsweise findet die Entfernung der Schutzschicht und/oder der Klebeschicht in einer Vakuumumgebung statt. Dabei steht nach einer Übernahme durch ein Pick-and-Place-Werkzeug die erste Bauteiloberfläche mit der Oberflächenbehandlung sofort zur Verfügung und kann direkt für einen Bondvorgang verwendet werden. Insbesondere kann so vorteilhaft eine Entfernung der Schutzschicht durchgeführt werden, während das Bauteil an dem Pick-and-Place-Werkzeug fixiert ist. Auf diese Weise werden bei der Entfernung keine benachbarten Bauteile oder das zweite Substrat gefährdet. Zudem können die Partikel der Schutzschicht gezielt in einer Vakuumumgebung, insbesondere in einem anderen Modul, entfernt werden. Eine Kontaminierung des zweiten Substrates oder der benachbarten Bauteile durch die Partikel der Schutzschicht, wird auf diese Weise reduziert.

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

- Figur 1a ersten Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens,
- Figur 1b zweiten Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens,
- Figur 1c dritten Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens,

- Figur 1d vierten Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens,
Figur 1e fünften Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens,
Figur 1f sechsten Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens,
Figur 1g siebten Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens,
Figur 2a ersten Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens,
Figur 2b zweiten Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens,
Figur 2c dritten Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens,
Figur 2d vierten Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens,
Figur 2e fünften Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens,
Figur 3a ersten Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens,
Figur 3b zweiten Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens,
Figur 3c dritten Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens,
Figur 3d vierten Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens,
Figur 3e fünften Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens,
Figur 3f sechsten Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens,
Figur 4 eine Oberansicht eines zweiten Substrats mit den wichtigsten Bauteilen und Merkmalen und
Figur 5 eine Oberansicht eines Modulsystems.

In den Figuren sind gleiche Bauteile oder Bauteile mit der gleichen Funktion mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet. Die Figuren sind schematische Darstellungen. Insbesondere sind die Verhältnisse der einzelnen Bauteile nicht korrekt. Eine dünne Schicht 13 wird als graphische Darstellung

einer behandelten Substratoberfläche, also einer Oberflächenbehandlung 13, gewählt. Die Oberflächenbehandlung 13 ist dabei im Allgemeinen repräsentativ für eine Menge von unterschiedlichen Behandlungen der Substratoberfläche 1o. Beispielsweise kann die Oberflächenbehandlung in einer Reinigung bestehen und zeigt daher eine gereinigte Oberfläche an. Zudem kann die Oberflächenbehandlung 13 eine weitere dünne Schicht, beispielsweise eine Wasserschicht sein. Um allerdings alle Möglichkeiten abzudecken, wird die Darstellung der Oberflächenbehandlung 13 als dünne Schicht in den Figuren verwendet.

Die **Figur 1a** zeigt einen ersten Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens, bei dem die erste Substratoberfläche 1o eines ersten Substrats 1 behandelt wird. Beispielsweise handelt es sich bei der Oberflächenbehandlung 13 um eine Schicht und nicht nur um einen Zustand der ersten Substratoberfläche 1o, wie beispielsweise eine gereinigte, eine mit Plasma behandelte oder eine mit einem Reservoir versehene, erste Substratoberfläche 1o. Im Allgemeinen befinden sich Baueilausrichtungsmarken 5 auf dem ersten Substrat 1 mit deren Hilfe die später vereinzelter Bauteile 4 (siehe Figur 1c) relativ zu einem Trägersubstrat 6 ausgerichtet werden.

Die **Figur 1b** zeigt einen zweiten Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens, bei dem der Schutz der Oberflächenbehandlung 13 durch eine Schutzschicht 2 dargestellt wird. Das erste Substrat 1 kann dabei an seiner zweiten, der ersten Substratoberfläche 1o gegenüberliegenden, Substratoberfläche 1u mit einer Bondschicht 3 versehen werden, die eine spätere Fixierung der vereinzelter Bauteile 4 (siehe Figur 1c) auf einem Trägersubstrat 6 ermöglicht.

Die **Figur 1c** zeigt einen dritten Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens, bei dem es zu einer Vereinzelung des ersten Substrats 1 (siehe Figur 1b) in einzelne Bauteile 4 kommt. Dabei wird insbesondere die Oberflächenbehandlung 13 durch die Schutzschicht 2 geschützt.

Die **Figur 1d** zeigt einen vierten Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens, bei dem die einzelnen Bauteile 4 mit ihrer zweiten Substratoberfläche 1u, auf der sich vorzugsweise eine Bondschicht 3 befindet, zu einem zweiten Substrat 6 ausgerichtet und gebondet werden. Vorzugsweise werden dabei die Ausrichtungsmarken 5 der Bauteile 4, die auch Bauteilausrichtungsmarken genannt werden, verwendet um eine Ausrichtung der Bauteile 4 relativ zu den Ausrichtungsmarken 5' des zweiten Substrats 6 zu ermöglichen. Das zweite Substrat 6 verfügt vorzugsweise außerdem über Ausrichtungsmarken 5'', die auch Substratausrichtungsmarken genannt werden, mit deren Hilfe im späteren sechsten Verfahrensschritt eine Ausrichtung eines dritten Substrats 8, relativ zum zweiten Substrat 6 durchgeführt werden kann. Ab diesem Verfahrensschritt ist es nun möglich, das bestückte, zweite Substrat 6 in ein Modulsystem 9 (siehe Figur 5) zu transportieren. Dabei wurde die Oberflächenbehandlung 13 bereits durchgeführt und ist auch weiterhin auf der ersten Bauteiloberfläche vorhanden, während die Vereinzelung des ersten Substrats 1 in einzelne Bauteile 4 vorzugsweise außerhalb eines Modulsystems 9 durchgeführt wurde.

Die **Figur 1e** zeigt einen fünften Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens, bei dem die Schutzschicht 2 (nicht mehr eingezeichnet) entfernt wird. Die Entfernung der Schutzschicht 2 erfolgt dabei vorzugsweise in einem Modulsystem 9 (siehe Figur 5), in dem alle Module 10, 10', 10'', 10''', 10'''' so miteinander verbunden sind, das im gesamten Modulsystem 9 durchgehend ein Vakuum erzeugt und aufrechterhalten werden kann. Die Oberflächenbehandlung 13 kommt somit vorteilhaft nicht mehr mit der Atmosphäre in Kontakt.

Die **Figur 1f** zeigt einen sechsten Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens, bei dem ein drittes Substrat 8 relativ zum zweiten Substrat 6 anhand der vorhandenen Ausrichtungsmarken 5'' ausgerichtet wird.

Durch die Oberflächenbehandlung 13 wird ein besonders effizienter Bond zwischen den Bauteilen 4 und dem dritten Substrat 8 ermöglicht. In der Figur 1f wird gezeigt, wie die Bauteile 4 des zweiten Substrats 6 direkt mit dem dritten Substrat 8 verbunden werden.

Die **Figur 1g** zeigt einen siebten Verfahrensschritt eines ersten beispielhaften Verfahrens, bei dem eine Trennung des ersten Substrats 6 vom dritten Substrat 8 erfolgt. Die Bauteile 4 lösen sich dabei mit ihrer zweiten Bauteiloberfläche 4u vom zweiten Substrat 6. Die Trennung wird als Debond bezeichnet. Der Debond kann mechanisch und/oder thermisch und/oder chemisch und/oder mit Hilfe elektromagnetischer Strahlen, insbesondere Laser, erfolgen. Vorzugsweise erfolgt anschließend eine Reinigung der Bauteiloberflächen 4u und/oder der ersten Substratoberfläche 6o des zweiten Substrats 6. Das zweite Substrat 6 kann danach vorzugsweise wiederverwendet werden.

In einer besonderen Erweiterung dieses ersten beispielhaften dargestellten Verfahrens zum Erzeugen und zum Bereitstellen, können sich ab dem sechsten Verfahrensschritt in Figur 1f bereits weitere Bauteile auf dem dritten Substrat/Produkts substrat 8 befinden. Es kommt somit zu einer Kontaktierung von Bauteilen 4 vom zweiten Substrat 6 und weiteren Bauteilen vom dritten Substrat 8. Damit können besonders effizient mehrere Bauteil-zu-Bauteil Stapel, insbesondere Chip-to-Chip Stapel, erzeugt beziehungsweise bereitgestellt werden. Diese Bauteil-zu-Bauteil Stapel werden im Weiteren nur mehr Bauteilstapel genannt.

Denkbar wäre die Verwendung eines zweiten Substrats 6A (nicht dargestellt), das mit Bauteilen 4 bestückt wird, bei denen es sich um logische Schaltkreise, beispielsweise um Mikroprozessoren, handelt. Des Weiteren könnte man ein zweites Substrat 6B herstellen, das mit Bauteilen 4 bestückt wird, bei denen es sich um Speicherbauteile, beispielsweise ein Random Access Memory Bauteil, handelt. Dabei wird dann beispielsweise zuerst das zweite Substrat mit Kennzeichnung A zum dritten Substrat 8 gebondet, bei dem es sich um

- 33 -

das spätere Produktsubstrat handelt. Danach wird das zweite Substrat mit Kennzeichnung B relativ zum dritten Substrat 8 ausgerichtet und die Bauteile 4 des zweiten Substrats mit Kennzeichnung B werden zu den ersten Bauteilen 4, die sich bereits auf dem dritten Substrat 8 befinden, gebondet. Damit erhält man ein drittes Substrat 8, mit einer Menge von Bauteilstapeln, wobei jeder Bauteilstapel aus Bauteilen mit, im Allgemeinen unterschiedlicher, Funktionalität besteht. Der Fachmann auf dem Gebiet versteht auch, dass dieser Prozess mit mehreren Bauteilen wiederholt werden kann, um Bauteilstapel beliebiger Bauteilanzahl zu erzeugen. Dabei ist bevorzugt, dass die jeweilige neue Bauteilschicht mit Bauteilen 4 von einem zweiten Substrat 6 immer eine Oberflächenbehandlung 13 aufweisen und damit besonders effizient zu der letzten übertragenen Schicht von Bauteilen 4 gebondet werden kann, die sich am dritten Substrat 8 befindet.

Die **Figur 2a** zeigt einen ersten Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens. Ein erstes Substrat 1 wird an seiner ersten Substratoberfläche 1o mit einer Oberflächenbehandlung 13 versehen.

Die **Figur 2b** zeigt einen zweiten Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens, bei dem das erste Substrat 1 mit seiner zweiten, der ersten Substratoberfläche 1o gegenüberliegenden, Substratoberfläche 1u, auf einem zweiten Substrat 6' fixiert wird. Bei dem zweiten Substrat 6' handelt es sich insbesondere um eine Folie 14, auf der sich eine bereits abgeschiedene Klebschicht 3', die ebenfalls als Bondschicht bezeichnet werden kann, befindet. Die meisten Folienhersteller werden eine Folie 14 bereits bei der Produktion mit einer Klebeschicht 3' versehen. Die Folie 14 ist dann mit der Klebeschicht 3' im Handel erhältlich. Die Folie 14 wird vorzugsweise auf einen Rahmen 15 aufgespannt.

Denkbar ist auch, dass die beiden vorhergehenden Verfahrensschritte vertauscht sind, dass also das Substrat 1 zuerst auf der Folie 14 des zweiten Substrat 6' fixiert wird und erst danach die Oberflächenbehandlung 13 erhält. Das ist dahingehende vorteilhaft, da das erste Substrat 1 dann nicht mehr kontaktiert werden muss, sondern die Handhabung und der Transport über das zweite Substrat 6' erfolgt. Nachteilig ist allerdings, dass durch einige Oberflächenbehandlungen 13, auch die Folie 14, insbesondere negativ, beeinflusst wird. Die Reihenfolge wird daher vorzugsweise für den jeweiligen Einzelfall festgelegt.

Die **Figur 2c** zeigt einen dritten Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens, bei dem der Schutz der Oberflächenbehandlung 13 durch das Aufbringen einer Schutzschicht 2 auf die behandelte Oberfläche 1o, dargestellt wird. Eine Schutzschicht 2 wird auf die oberflächenbehandelte erste Substratoberfläche 1o bzw. die Oberflächenbehandlung 13 aufgebracht. Denkbar ist auch in diesem Fall, dass die Beschichtung mit der Schutzschicht 2 schon durchgeführt wird, bevor das Substrat 1 auf dem zweiten Substrat 6' befestigt wird.

Die **Figur 2d** zeigt einen vierten Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens, bei dem es zu einer Vereinzelung des ersten Substrats 1 in einzelne Bauteile 4 kommt. Dabei wird dabei die Oberflächenbehandlung 13 durch die Schutzschicht 2 geschützt. Die Vereinzelung erfolgt vorzugsweise außerhalb eines Modulsystems 9. Spätestens nach der Vereinzelung kann das zweite Substrat 6' allerdings in ein Modulsystem 9 (siehe Figur 5) transportiert werden.

Die **Figur 2e** zeigt einen fünften Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens, bei dem die Schutzschicht 2 (nicht mehr eingezeichnet) von den ersten Bauteiloberflächen 4o der Bauteile 4 entfernt

wird. Die Entfernung der Schutzschicht 2 erfolgt dabei vorzugsweise in einem Modulsystem 9, in dem alle Module 10, 10', 10'', 10''', 10'''' so miteinander verbunden sind, das im gesamten Modulsystem 9 durchgehend ein Vakuum erzeugt und aufrechterhalten werden kann. Die Oberflächenbehandlung 13 kommt daher vorzugsweise nicht mehr mit der Atmosphäre in Kontakt.

Die **Figur 2f** zeigt einen sechsten Verfahrensschritt eines zweiten beispielhaften Verfahrens, bei dem die Bauteile 4 einzeln entnommen und weiterprozessiert werden. Dabei kontaktiert das Pick-and-Place Werkzeug 16 die Bauteile an der behandelten Bauteiloberfläche 4o.

In einer alternativen Ausführungsform des beispielhaften zweiten Verfahrens wird, anstatt der Einzelentnahme der Bauteile 4 gemäß Figur 2f, analog zum sechsten Verfahrensschritt des ersten beispielhaften Verfahrens gemäß Figur 1f ein drittes Substrat 8 relativ zum zweiten Substrat 6' ausgerichtet und mit den Bauteilen 4 in Kontakt gebracht.

Die **Figur 3a** zeigt einen ersten Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens. Ein erstes Substrat 1 wird an seiner ersten Substratoberfläche 1o mit einer Oberflächenbehandlung 13 versehen.

Die **Figur 3b** zeigt einen zweiten Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens, bei dem eine Schutzschicht 2 direkt auf die Oberflächenbehandlung 13 einer ersten Substratoberfläche 1o eines ersten Substrats 1 aufgebracht wird, noch bevor das erste Substrat 1 an einem zweiten Substrat 6' befestigt wird.

Die **Figur 3c** zeigt einen dritten Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens, bei dem das erste Substrat 1 mit seiner ersten Substratoberfläche

1o, auf der die Oberflächenbehandlung 13 und die Schutzschicht 2 erzeugt wurden, auf dem zweiten Substrat 6' fixiert wird. Die Schutzschicht 2 kontaktiert dabei die Klebeschicht 3' der Folie 14.

Die **Figur 3d** zeigt einen vierten Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens, bei dem es zu einer Vereinzelung des ersten Substrats 1 (siehe Figur 3c) in einzelne Bauteile 4 kommt. Dabei wird die Oberflächenbehandlung 13 einerseits durch die Schutzschicht 2 und andererseits durch die Orientierung des ersten Substrats 1 geschützt. Die Mittel zum Vereinzeln des Substrates wirken dabei vorzugsweise zuerst auf die abgewandte Substratoberfläche 1u. Somit wird der Einfluss der Mittel zur Vereinzelung im Bereich der behandelten Oberfläche 13 minimiert. Die Vereinzelung erfolgt vorzugsweise außerhalb eines Modulsystems 9.

Die **Figur 3e** zeigt einen fünften Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens, bei dem die Bauteile 4 einzeln entnommen und weiterprozessiert werden. Die Entnahme der Bauteile 4, insbesondere durch die Kontaktierung eines Pick-and-Place Werkzeuges 16 an der Bauteiloberfläche 4u, ist besonders vorteilhaft. Einerseits erfolgt keine Kontaktierung an der ersten Bauteiloberfläche 1o. Eine Verschlechterung der behandelten Oberfläche durch die Kontaktierung wird somit vermieden. Weiterhin muss das Bauteil zum Bonden der ersten Bauteiloberfläche mit dem Produktsubstrat nicht mehr gedreht werden. Nach dem Übernehmen des entsprechenden Bauteils an der einfach zugänglichen Bauteiloberfläche 1u durch das Pick-and-Place Werkzeug 16, zeigt das Bauteil 4 vorteilhaft mit der zu bondenden behandelten Oberfläche von einer Aufnahme des Pick-and-Place Werkzeug 16 weg. Im Vergleich zum zweiten beispielhaften Verfahren kann das Pick-and-Place Werkzeug 16 die Oberflächenbehandlung 13 weder verändern noch zerstören, da es das Bauteil 4 an seiner Bauteiloberfläche 4u kontaktiert wird, die der Oberflächenbehandlung 13 gegenüber liegt.

Die **Figur 3f** zeigt einen sechsten Verfahrensschritt eines dritten beispielhaften Verfahrens, bei dem die Entfernung der Schutzschicht 2 erfolgt, vorzugsweise während das Bauteil 4 noch vom Pick-and-Place Werkzeug 16 gehalten wird. Das Pick-and-Place Werkzeug 16 kann dann das Bauteil 4 mit seiner Oberflächenbehandlung 13 auf ein weiteres Bauteil 4 oder ein drittes Substrat 8 bonden (nicht dargestellt).

Die **Figur 4** zeigt eine Oberansicht eines zweiten Substrats 6, 6'. Über das zweite Substrat 6, 6' verteilt befinden sich mehrere Ausrichtungsmarken 5'. Exemplarisch wurden sechzehn Ausrichtungsmarken 5' eingezeichnet. Die erste Ausrichtungsmark 5' wird von einem Bauteil 4 mit einer Ausrichtungsmark 5 verdeckt. Am zweiten Substrat 6 befinden sich noch zwei Ausrichtungsmarken 5'', die der Ausrichtung des zweiten Substrats 6 zum Produktsubstrat 8 (nicht eingezeichnet, siehe Figur 1e) dienen. Die Ausrichtungsmarken 5 (weiß), 5' (schwarz) und 5'' (grau) wurden der Übersichtlichkeit halber unterschiedlich gefärbt. Die Bauteile 4 werden ausschließlich in einem Bauteilpositionierungsbereich 12 positioniert und gebondet.

Die **Figur 5** zeigt eine Oberansicht eines exemplarischen Modulsystems 9, bestehend aus mehreren Modulen 10, 10', 10'', 10''', 10'''''. Die Anzahl der Module ist beliebig. Beispielhaft sind die Module 10, 10', 10'', 10''', 10'''' folgendermaßen konstruiert. Das Modul 10 stellt ein Belackungsmodul dar, in dem die Bondschicht 3 und/oder die Schutzschicht 2 aufgetragen werden können (siehe Figur 1a). Das Modul 10' stellt ein Vereinzelungsmodul dar, in dem das Substrat 1 vereinzelt werden kann (siehe Figur 1b). Das Modul 10'' stellt ein Ausrichtungs- und Bondmodul dar, in dem die einzelnen Bauteile 4, auf einem zweiten Substrat 6 ausgerichtet und positioniert werden können. In diesem Modul befindet sich also vorzugsweise eine Art Pick-and-Place Vorrichtung. Das Modul 10''' stellt ein Reinigungsmodul dar, indem die Schutzschicht 2 entfernt werden kann. Das Modul 10'''' stellt ein

Ausrichtungs- und Bondmodul dar, in dem Substrate, insbesondere das mit Bauteilen 4 bestückte zweite Substrat 6 und ein drittes Substrat 8 zueinander ausgerichtet und miteinander verbondet werden können.

Dabei kann eine Aufgabe auch von einem Modul erledigt werden, sollten sich in dem Modul die notwendigen Mittel befinden. Denkbar ist auch, dass das Modulsystem 9 über weitere Module verfügt. Insbesondere die Beschichtung und die Vereinzelung können auch außerhalb des Modulsystems 9 erfolgen, sodass nur die bereits vereinzelter Bauteile 4 in das Modulsystem 9 eingebracht werden. In diesem Fall könnten die beiden oben genannten Module 10, 10' ausgespart werden. Dabei erlaubt das Modulsystem 9 vorzugsweise, insbesondere die einzelnen Module untereinander, den Transfer der Bauteile 4 und der Substrate 6, 8 ohne diese der Atmosphäre auszusetzen. Das gesamte Modulsystem 9 ist daher vorzugsweise evaluierbar und zur umgebenden Atmosphäre hin abschließbar.

Vorzugsweise erfolgt das Laden und Entladen aller notwendigen Objekte über eine Schleuse 11, sodass der Innenraum des Modulsystems 9 möglichst lang evakuiert bleiben kann. Das Modulsystem 9 beziehungsweise die einzelnen Module 10, 10', 10'', 10''', 10'''' können auf einen Druck unter 1 bar, vorzugsweise unter 1 mbar, noch bevorzugter unter 10^{-5} mbar, am bevorzugtesten unter 10^{-9} mbar, am allerbevorzugtesten bis zu 10^{-12} mbar evakuiert werden.

B e z u g s z e i c h e n l i s t e

1	Erstes Substrat
1o, 1u	Substratoberfläche
2	Schutzschicht
3, 3'	Bondschrift / Klebeschicht
4, 4'	Bauteil
4o, 4u	Bauteiloberfläche
5, 5', 5''	Ausrichtungsmarke
6, 6'	Transfersubstrat, Zweites Substrat
6o	Substratoberfläche
7	Oberflächenbehandlungsmittel
8	Drittes Substrat / Produktsubstrat
9	Modulsystem
10, 10', 10'', 10''', 10''''	Modul
11	Schleuse
12	Bauteilpositionierbereich
13	Oberflächenbehandlung
14	Folie
15	Rahmen
16	Pick-and-Place Werkzeug

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen (4) mit zumindest den folgenden Schritten in der folgenden Reihenfolge:

- i) Bereitstellung eines ersten Substrates (1) mit einer ersten Substratoberfläche (1o) und einer zweiten Substratoberfläche (1u),
- ii) Durchführung einer Oberflächenbehandlung (13) an der ersten Substratoberfläche (1o), und danach
- iii) Aufbringung einer Schutzschicht (2) auf die behandelte erste Substratoberfläche (1o),
- iv) Vereinzelung des Substrates (1) zu Bauteilen (4).

- 41 -

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Oberflächenbehandlung (13) in Schritt ii) zumindest eine Reinigung, eine Plasmabehandlung und/oder eine Beschichtung der ersten Substratoberfläche (1u) umfasst.
3. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Reinigung zumindest eine chemische Reinigung und/oder eine physikalische Reinigung, vorzugsweise durch Sputtern, umfasst.
4. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Beschichtung mit Wasser zur Hydrophilisierung der ersten Substratoberfläche (1o) erfolgt.
5. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei nach der Vereinzelung in Schritt iv) die Bauteile (4) jeweils eine erste Bauteiloberfläche (4o) und jeweils eine zweite Bauteiloberfläche (4u) aufweisen, wobei auf der ersten Bauteiloberfläche (4o) jeweils die Schutzschicht (2) aufgebracht ist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Bauteile (4) nach der Vereinzelung in Schritt iv) mit der zweiten Bauteiloberfläche (4u) auf einem Trägersubstrat (6) fixiert werden.
7. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Substrat (1) vor der Vereinzelung in Schritt iv) mit der zweiten Substratoberfläche (1u) auf einem zweiten Substrat (6') bereitgestellt wird.
8. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Substrat (1) vor der Vereinzelung in Schritt iv) mit der die

Schutzschicht (2) aufweisenden ersten Substratoberfläche (1o) auf dem zweiten Substrat (6') bereitgestellt wird.

9. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche 7 oder 8, wobei das zweite Substrat (6') eine Folie (14) ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Folie (14) eine Klebeschicht (3') aufweist und das erste Substrat (1) auf der Klebeschicht (3') fixiert wird.

11. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren ferner nach der Vereinzelung in Schritt iv) den folgenden Schritt aufweist:

v) Entfernung der Schutzschicht (2) von der ersten Bauteiloberfläche (1o) der Bauteile (4).

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Entfernung der Schutzschicht (2) in Schritt v) unter Vakuum durchgeführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 8 und wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche 11 oder 12, wobei vor der Entfernung der Schutzschicht (2) in Schritt v) die Bauteile (4) von einem Pick-and-Place-Werkzeug (16) mit der zweiten Bauteiloberfläche (4o) übernommen werden und an dem Pick-and-Place-Werkzeug (16) fixiert werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die Entfernung der Schutzschicht (2) erfolgt, während die Bauteile (4) an dem Pick-and-Place-Werkzeug (16) fixiert sind.

15. Vorrichtung (9) zum Erzeugen und Bereitstellen von elektronischen Bauteilen (4) zumindest aufweisend:

- Oberflächenbehandlungsmittel zur Oberflächenbehandlung einer ersten Substratoberfläche (1o) eines ersten Substrates (1),
- Mittel (10) zum Aufbringen einer Schutzschicht (2) auf die erste Substratoberfläche (1o) und
- Vereinzelungsmittel (10') zum Vereinzeln des ersten Substrates (1) zu Bauteilen (4),

wobei die Vorrichtung (9) so ausgebildet ist, dass die erste Substratoberfläche (1o) zuerst durch die Oberflächenbehandlungsmittel behandelbar ist und danach die Schutzschicht (2) auf die behandelte erste Substratoberfläche (1o) aufbringbar ist.