Verfahren und Vorrichtung zum Bonden von Substraten

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

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Bonden von ersten Substraten mit zweiten Substraten gemäß Patentanspruch 1 sowie ein korrespondierendes Verfahren gemäß Patentanspruch 7.

Die Herstellung von Waferstapeln (stacks) aus mindestens zwei Substraten findet auf Bondinganlagen mit hohen Anschaffungskosten statt, wobei der Bondingprozess unter anderem hohe Temperaturen mit sich bringt und häufig zeitintensiv ist. Entsprechend besteht in der Halbleiterprozesstechnik das Problem eines geringen Durchsatzes, entsprechend hoher Stückkosten und ein hoher Energieverbrauch. Dieses Problem tritt in verstärktem Ausmaß für Anwendungen auf, in denen sehr kleine Substrate verarbeitet werden sollen. Als klein können aus heutiger Sicht Substrate mit einem Durchmesser <= 6“, insbesondere <= 4“ und im Extremfall <=2“ angesehen werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Bonden beziehungsweise Vorfixieren von Substraten

anzugeben, mit welchen ein erhöhter Durchsatz, geringere Stückkosten sowie eine Energieersparnis beim Bonden der Substrate ermöglicht wird.

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

Die vorliegende Erfindung basiert auf der Grundidee, insbesondere unter Verwendung einer Standard-Bondingkammer, mehrere, nebeneinander auf einem Trägersubstrat angeordnete Substratstapel jeweils aus mindestens einem ersten und einem zweiten Substrat parallel beziehungsweise gleichzeitig zu bonden.

Als eigenständige Erfindung ist daher eine Vorrichtung zum Bonden von ersten Substraten mit zweiten Substraten mit folgenden Merkmalen vorgesehen:

- einer Aufnahme zur Aufnahme eines oder insbesondere mehrerer Trägersubstrats / Trägersubstrate,

- einer Platziereinrichtung zur Platzierung mehrerer erster Substrate auf einer von der Aufnahme abgewandten Substratseite des Trägersubstrats und

- einer Fixiereinrichtung zur Fixierung jedes der ersten Substrate auf der Substratseite an mindestens einem Fixierabschnitt jedes ersten Substrats.

Als eigenständige Erfindung ist außerdem ein Verfahren zum Bonden von ersten Substraten mit zweiten Substraten mit folgenden Schritten, insbesondere folgendem Ablauf vorgesehen:

- Platzierung mehrerer erster Substrate auf einer Substratseite eines auf einer Aufnahme aufgenommenen Trägersubstrats und

- Fixierung jedes der ersten Substrate auf der Substratseite an mindestens einem Fixierabschnitt jedes ersten Substrats.

Durch die vorgenannte Vorfixierung mehrerer Substratstapel (stacks), jeweils zumindest bestehend aus einem ersten Substrat und einem zweiten Substrat, wovon jeweils mehrere an der Substratseite verteilt angeordnet sind, wird es ermöglicht, gleichzeitig mehrere Substratstapel zu bonden. Die Fixierung beziehungsweise Vorfixierung dient somit in erster Linie einem Transport des erfindungsgemäß hergestellten Trägersubstrats, insbesondere zu einer separat vorgesehenen Bondkammer.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Fixiereinrichtung zur temporären Fixierung jedes ersten Substrats eingerichtet ist beziehungsweise dass die ersten Substrate auf der Substratseite temporär fixiert werden. Die temporäre Fixierung ist auch unter dem Begriff „tacken“ bekannt, wobei für die temporäre Fixierung Polymere, Klebstoffe oder die Bildung von eutektischen Legierungen erfindungsgemäß zur Auswahl stehen. Alternativ können auch Van-der-Waals Verbindungen zwischen zwei polierten Oberflächen genutzt werden. Derartige Verbindungen sind im Stand der Technik bekannt und werden

häufig beispielsweise zwischen Siliziumoxid-Oberflächen hergestellt und genutzt. Die temporäre Fixierung erfolgt insbesondere derart, dass die Fixierung so stark ist, dass der das Trägersubstrat mit den darauf temporär fixierten Substratstapeln transportierbar ist, ohne dass die auf dem Trägersubstrat platzierten Substrate verrutschen oder abfallen.

Mit Vorteil werden die ersten Substrate vor der Platzierung an Ausrichtungsmarken ausgerichtet, wobei vorrichtungsgemäß eine Platziereinrichtung (oder eine separate Platziereinrichtung) zur Ausrichtung und Platzierung der ersten Substrate an Ausrichtungsmarken eingerichtet ist. Auf diese Weise wird die Platzierung weiterer (jeweils zweiter, gegebenenfalls noch weiterer, also dritter, vierter etc.) Substrate auf den ersten Substraten beschleunigt.

Entsprechend ist gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass die zweiten Substrate, insbesondere nach einer Ausrichtung an Ausrichtungsmarken der ersten Substrate, auf den ersten Substraten platziert und/oder, insbesondere temporär, fixiert werden. Hierzu ist vorrichtungsgemäß die Platziereinrichtung und/oder eine separate Platziereinrichtung zur, insbesondere an Ausrichtungsmarken der ersten Substrate ausgerichteten, Platzierung mehrerer zweiter Substrate auf den ersten Substraten vorgesehen. Durch das Vorsehen von Ausrichtungsmarken ist eine zügige und exakte Positionierung der jeweiligen Substrate zueinander möglich, insbesondere wenn die Fixiereinrichtung zur, insbesondere temporären, Fixierung jedes auf einem ersten Substrat platzierten zweiten Substrats eingerichtet ist.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die zweiten Substrate jeweils gleichzeitig mit den ersten Substraten, insbesondere permanent, gebondet werden, insbesondere in einer als separates Bondmodul ausgebildeten Bondkammer. Somit wird die

oben beschriebene Vorfixierung dem zeitaufwendigen Bondschritt entkoppelt, so dass ein höherer Durchsatz ermöglicht wird, wobei gleichzeitig eine Energieersparnis durch Vorsehen einer auf das reine Bonden beschränkten Bondkammer möglich ist.

Soweit vorrichtungsgemäße Merkmale beschrieben worden sind, sollen diese auch als verfahrensgemäße Merkmale offenbart gelten.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung. Die Figuren zeigen jeweils in schematischer Darstellung:

Figur 1 eine Aufsicht auf ein Trägersubstrat in einem ersten, erfindungsgemäßen Verfahrensschritt,

Figur 2 eine Aufsicht auf das Trägersubstrat mit platzierten ersten Substraten gemäß einem zweiten erfindungsgemäßen Verfahrensschritt und einer Schnittlinie A-A,

Figur 3 eine Querschnittsansicht gemäß Schnittlinie A-A aus Figur 2 und

Figur 4 eine Querschnittsansicht gemäß Schnittlinie A-A aus Figur 2 nach Platzierung von zweiten Substraten auf den ersten Substraten.

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

Gemäß Figur 1 sind auf einem Trägerwafer 1 mit einem Durchmesser D_1 mehrere Ausrichtungsmarken 3, insbesondere gleichmäßig, verteilt auf einer Substratseite 1s des Trägerwafers vorgesehen. Die Ausrichtungsmarken 3 sind von einer Platziereinrichtung zur Platzierung mehrerer erster Substrate 2 auf der Substratseite 1s derart erfassbar, dass die ersten Substrate 2 jeweils an einer Ausrichtungsmarke 3 auf das Trägersubstrat 1 platziert werden können (siehe Figur 2).

Die ersten Substrate 2 weisen einen, insbesondere weniger als die Hälfte des Durchmessers D_1, vorzugsweise weniger als eindrittel des Durchmessers D_1, noch bevorzugter weniger als einviertel des Durchmessers D_1 betragenden Durchmesser D_2 auf. Somit können am gezeigten Ausführungsbeispiel 14 erste Substrate 2 auf der Substratseite 1s aufgebracht und temporär fixiert werden.

In einer alternativen Ausführungsform weisen die Trägersubstrate im Wesentlichen denselben Durchmesser wie die ersten Substrate auf. Insbesondere weicht der Durchmesser der ersten Substrate weniger als 50%, besser weniger als 25% mit Vorteil weniger als 15% oder mit größtem Vorzug weniger als 5% vom Durchmesser der Trägersubstrate ab. In diesem Ausführungsfall ist die Aufnahme der Trägersubstrate so ausgestaltet, dass sie mehrere Trägersubstrate gleichzeitig aufnehmen und fixieren kann. Geeignete Fixiermittel sind dem Fachmann bekannt. Beispielsweise kann Vakuumfixierung zum Einsatz kommen. Alle weiteren Merkmale und Verfahrensschritte verhalten sich analog zum Ausführungsbeispiel mit nur einem einzigen Trägersubstrat mit einem Durchmesser der größer ist als jener der ersten Substrate. Insbesondere sind auf den einzelnen Trägersubstraten auf der der Aufnahmeeinrichtung abgewandten Seite 1s eine oder mehrere Passmarken zur Ausrichtung der ersten Substrate vorgesehen.

Die temporäre Fixierung erfolgt jeweils zumindest in einem Fixierabschnitt 2a jedes ersten Substrats 2, also mindestens an einer, insbesondere punktförmigen, Fixierstelle. In einer Ausführungsform mit größerer Fixierkraft erfolgt die Fixierung jedes ersten Substrats 2 an zwei oder drei Fixierabschnitten 2a, wobei im Falle eines einzigen Fixierabschnitts 2a der Fixierabschnitt 2a im Zentrum jedes ersten Substrats 2 angeordnet ist (siehe Ausführungsform gemäß Figur 2).

Im Querschnitt durch die ersten Substrate 2 hindurch (siehe Figur 3) sind die ersten Substrate 2 jeder Reihe von ersten Substraten 2, insbesondere äquidistant zueinander, auf der Substratseite 1s verteilt angeordnet.

In dem in Figur 4 gezeigten Verfahrensschritt werden zweite Substrate 2', insbesondere jeweils einzeln, auf die ersten Substrate 2 platziert, wobei zur Platzierung Ausrichtungsmarken 5 auf den ersten Substraten 2 vorgesehen sind. Insbesondere weist jedes erste Substrat 2 mindestens zwei Ausrichtungsmarken 5 auf, damit nicht nur eine translatorisch richtige Ausrichtung der ersten Substrate 2 mit den zweiten Substraten 2' erfolgen kann, sondern auch eine rotatorisch richtige Ausrichtung.

Nach Ausrichtung und Platzierung der zweiten Substrate 2' auf den ersten Substraten 2 sind auf dem Trägersubstrat 1 eine Vielzahl von aus jeweils den ersten Substraten 2 und den zweiten Substrat 2' bestehende Substratstapel 4 (im gezeigten Ausführungsbeispiel 14 Substratstapel 4) an dem Trägersubstrat 1 derart vorfixiert, dass das Trägersubstrat 1 mit den Substratstapeln 4 zu einer nicht dargestellten Bondkammer transportiert werden kann, wo die Substratstapel 4 gleichzeitig permanent gebondet werden.

Erfindungsgemäß ist es an einer nicht gezeigten Ausführungsform denkbar, über den zweiten Substraten 2' jeweils weitere Substrate zu stapeln und

jeweils temporär zu fixieren, so dass sich Substratstapel mit mehr als zwei Substraten ergeben.

Dabei ist erfindungsgemäß eine Ausrichtungsgenauigkeit beim Ausrichten des ersten und zweiten Substrats 2, 2‘ sowie auch beim Ausrichten weiterer Substrate von insbesondere weniger als 100 µm, vorzugsweise weniger als 50 µm, noch bevorzugter weniger als 10 µm, noch bevorzugter weniger als 2 µm, realisierbar.

Während des Bondprozesses in der Bondkammer wird der temporäre Bond, insbesondere automatisch durch das permanente Bonden, vorzugsweise durch Temperaturbeaufschlagung, aufgelöst. Soweit Polymere und/oder Kleber zum temporären Bonden verwendet worden sind, werden diese beim Bonden, insbesondere rückstandsfrei, vergast.

Für die Vorfixierung und/oder das Bonden wird vorzugsweise ein sogenannter Flip-Chip-Bonder verwendet.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung besteht das Trägersubstrat 1 aus einem Material mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten, der nicht mehr als 5% von dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten der ersten und/oder zweiten Substrate 2, 2’ abweicht, insbesondere aus demselben Material. Beispielhaft sind Glaswafer oder Siliziumwafer als Trägersubstrat 1 und/oder erstes/zweites Substrat 2, 2’ verwendbar.

Verfahren und Vorrichtung zum Bonden von Substraten

Bezugszeichenliste

1	Trägersubstrat
1s	Substratseite
2	erstes Substrat
2a	Fixierabschnitt
2'	zweites Substrat
3	Ausrichtungsmarken
4	Substratstapel
5	Ausrichtungsmarken
D1	Durchmesser
D2	Durchmesser

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bonden von ersten Substraten (2) mit zweiten Substraten (2') mit folgenden Merkmalen:

   - eine Aufnahme zur Aufnahme eines Trägersubstrats (1) oder mehrerer Trägersubstrate (1),

   - einer Platzierungseinrichtung zur Platzierung mehrerer erster Substrate (2) auf einer von der Aufnahme abgewandten Substratseite (1s) des Trägersubstrats (1) / der Trägersubstrate (1) und

   - einer Fixiereinrichtung zur Fixierung jedes der ersten Substrate (2) auf der Substratseite (1s) an mindestens einem Fixierabschnitt (2a) jedes ersten Substrats (2).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Fixiereinrichtung zur temporären Fixierung jedes ersten Substrats (2) eingerichtet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der Platziereinrichtung zur Ausrichtung und Platzierung der ersten Substrate (2) an Ausrichtungsmarken (3) eingerichtet ist.

4. Vorrichtung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Platziereinrichtung zur, insbesondere an Ausrichtungsmarken (5) der ersten Substrate (2) ausgerichteten, Platzierung mehrerer zweiter Substrate (2') auf den ersten Substraten (2) vorgesehen ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Fixiereinrichtung zur, insbesondere temporären, Fixierung jedes auf einem ersten Substrat (2) platzierten zweiten Substrats (2') eingerichtet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, wobei eine, insbesondere als separates Bondingmodul vorgesehene, Bondkammer zum gleichzeitigen, insbesondere permanenten, Bonden der ersten und zweiten Substrate (2, 2') vorgesehen ist.

7. Verfahren zum Bonden von ersten Substraten (2) mit zweiten Substraten (2') mit folgenden Schritten, insbesondere folgendem Ablauf:

   - Platzierung mehrerer erster Substrate (2) auf einer Substratseite (1s) eines auf eine Aufnahme aufgenommenen Trägersubstrats (1) und

   - Fixierung jedes der ersten Substrate (2) auf der Substratseite (1s) an mindestens einem Fixierabschnitt (2a) jedes ersten Substrats (2).

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die ersten Substrate (2) auf der Substratseite (1s) temporär fixiert werden.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, bei der die ersten Substrate (2) vor der Platzierung an Ausrichtungsmarken (3) ausgerichtet werden.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 9, wobei die zweiten Substrate (2'), insbesondere nach einer Ausrichtung an Ausrichtungsmarken (5) der ersten Substrate (2), auf den ersten Substraten (2) platziert und/oder, insbesondere temporär, fixiert werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die zweiten Substrate (2') jeweils gleichzeitig mit den ersten Substraten (2), insbesondere permanent, gebondet werden, insbesondere in einer als separates Bondmodul ausgebildeten Bondkammer.