

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 9490/2019
(86) PCT-Anmeldenummer: PCT/EP19062234
(22) Anmeldetag: 13.05.2019
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2023

(51) Int. Cl.: **H01L 21/18** (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01)
H01L 21/683 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 7682933 B1
US 2012193009 A1
US 2015129137 A1
US 2015357226 A1
WO 2014191033 A1
WO 2017155002 A1
US 2018047699 A1
WO 2018028801 A1
US 2019019678 A1

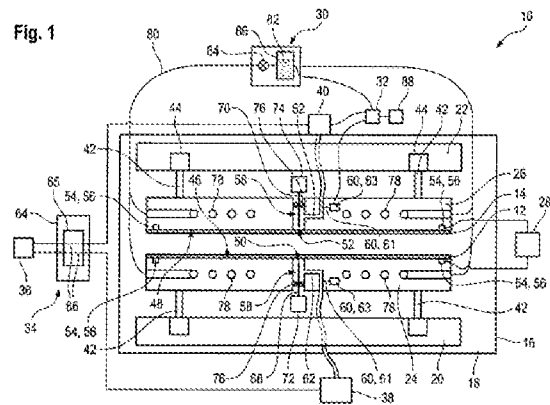
(73) Patentinhaber:
SUSS MICROTEC LITHOGRAPHY GMBH
85748 Garching (DE)

(72) Erfinder:
Gregory George
85748 Garching (DE)

(74) Vertreter:
SONN Patentanwälte OG
1010 Wien (AT)

(54) Bondvorrichtung sowie Verfahren zum Bonden von Substraten

(57) Eine Bondvorrichtung (10) hat zwei Chucks (24, 26), zwei Gasdruckregler (38, 40) und eine Steuereinheit (32). Die Chucks (24, 26) weisen jeweils eine Haltefläche (46, 48) mit Druckanschlüssen (50, 52) auf, die mit dem jeweiligen Gasdruckregler (38, 40) strömungsmäßig verbunden sind. Die Steuereinheit (32) ist elektrisch und/oder drahtlos mit den Gasdruckreglern (38, 40) verbunden und so eingerichtet, dass sie die Gasdruckregler (38, 40) unabhängig voneinander steuert. Ferner ist ein Verfahren zum Bonden von Substraten (12, 14) gezeigt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Bondvorrichtung zum Bonden von Substraten sowie ein Verfahren zum Bonden von Substraten.

[0002] Bei der Fertigung elektronischer Vorrichtungen ist das Bonden von Substraten, insbesondere Wafern mit Strukturen, eine übliche Technik zur Verringerung der Baugröße einer Vorrichtung.

[0003] Für das Bonden ist die so genannte Direkt- oder Fusionsbondtechnik bekannt, bei der die Substrate fest aneinandergedrückt werden, so dass sie sich miteinander verbinden.

[0004] Zur Vermeidung von Hohlräumen und Verzerrungen sind Verfahren zur Ausbreitung der Bondfront bekannt, bei denen einer der Wafer in seiner Mitte zum anderen Wafer hin ausgelenkt wird. Nach dem anfänglichen Bonden bewegt sich die Bondfront bzw. Bondwelle mit einem Auftreffwinkel zwischen den beiden Substraten nach außen.

[0005] Die US7682933B1, US2012193009A1, US2015129137A1, US2015357226A1, WO2014191033A1, WO2017155002A1, US2018047699A1, WO2018028801A1 und US2019019678A1 beschreiben jeweils Bondvorrichtungen zum Bonden von Substraten, die ausfahrbare Stützelemente und Druckanschlüsse aufweisen, die jeweils getrennt voneinander und nicht in Kombination vorhanden sind.

[0006] Es treten jedoch weiterhin Fehler infolge einer Skalenverzerrung der beiden Wafer auf.

[0007] Daher besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine Bondvorrichtung und ein Verfahren zum Bonden von Substraten zu schaffen, mit denen Skalenverzerrungen verringert und die Qualität des Bonds erhöht werden.

[0008] Zu diesem Zweck ist eine Bondvorrichtung zum Bonden von Substraten bereitgestellt. Die Bondvorrichtung umfasst einen ersten Chuck, einen zweiten Chuck, einen ersten Gasdruckregler, einen zweiten Gasdruckregler und eine Steuereinheit. Der erste Chuck umfasst eine erste Haltefläche zum Halten eines ersten Substrats, wobei die erste Haltefläche einen ersten Druckanschluss aufweist, der strömungsmäßig mit dem ersten Gasdruckregler verbunden ist. Der zweite Chuck umfasst eine zweite Haltefläche zum Halten eines zweiten Substrats, wobei die zweite Haltefläche einen zweiten Druckanschluss aufweist, der strömungsmäßig mit dem zweiten Gasdruckregler verbunden ist. Die Steuereinheit ist elektrisch und/oder drahtlos mit dem ersten Gasdruckregler und dem zweiten Gasdruckregler verbunden, wobei die Steuereinheit so eingerichtet ist, dass sie den ersten Gasdruckregler und den zweiten Gasdruckregler unabhängig voneinander steuert.

[0009] Indem der Gasdruck, der zur Auslenkung des ersten Substrats führt, unabhängig vom zweiten Gasdruck gesteuert wird, der die Auslenkung des zweiten Substrats bewirkt, ist es möglich, verschiedenen Situationen Rechnung zu tragen, die andernfalls zu Skalenverzerrungen geführt hätten.

[0010] Die Gasdrücke können im Bereich von 12 bis 25 mbar liegen. Beispielsweise sind die an den ersten bzw. den zweiten Druckanschluss angelegten Drücke voneinander verschieden.

[0011] Bei der Bondvorrichtung kann es sich um eine Vorrichtung zum Fusionsbonden und/oder zum Direktbonden handeln.

[0012] Das erste Substrat und/oder das zweite Substrat kann ein Wafer sein, zum Beispiel ein Halbleiterwafer, insbesondere ein Siliciumwafer. Eines der Substrate oder beide können Strukturen aufweisen.

[0013] Die Chucks und/oder die Substrate sind parallel und/oder konzentrisch zueinander. Insbesondere lassen sich die Chucks aufeinander zu bewegen.

[0014] Beispielsweise hat die Steuereinheit Zugriff auf mindestens eine Eigenschaft des ersten Substrats und/oder mindestens eine Eigenschaft des zweiten Substrats, insbesondere eine me-

chanische Eigenschaft, wie die Nennggröße und/oder den Nenndurchmesser des Substrats, die Ist-Größe und/oder den Ist-Durchmesser des Substrats, die Steifigkeit des Substrats, und/oder eine umgebungsbedingte Eigenschaft, wie die Temperatur des Substrats. Die Steuereinheit ist so eingerichtet, dass sie den ersten Gasdruckregler und/oder den zweiten Gasdruckregler in Abhängigkeit von der mindestens einen Eigenschaft des ersten Substrats, der mindestens einen Eigenschaft des zweiten Substrats oder der mindestens einen Eigenschaft des ersten Substrats und des zweiten Substrats steuert. Auf diese Weise kann die durch die Gasdrücke bewirkte Auslenkung noch genauer gesteuert werden.

[0015] Die Steuereinheit kann über eine Datenbank, in der die jeweilige Eigenschaft gespeichert ist, oder über eine Benutzerschnittstelle zum Empfangen der jeweiligen Eigenschaft auf mindestens eine Eigenschaft des ersten Substrats und/oder auf die mindestens eine Eigenschaft des zweiten Substrats Zugriff haben. Die jeweilige Eigenschaft wird gemessen und in der Datenbank gespeichert und/oder der Benutzerschnittstelle zugeführt.

[0016] Bei einer Ausführungsform sind der erste Druckanschluss und/oder der zweite Druckanschluss in der Mitte, insbesondere im Flächenmittelpunkt der jeweiligen Haltefläche bzw. des Chucks, angeordnet und/oder sind der erste Druckanschluss und der zweite Druckanschluss aufeinander ausgerichtet, wodurch eine rotationssymmetrische Auslenkung jedes Substrats und/oder die beste Überdeckung der Substrate erzielt wird.

[0017] Für einen stabilen und sicheren Prozess umfassen die Chucks, insbesondere die Halteflächen, Haltemittel, insbesondere Vakuummittel, elektrostatische Mittel oder mechanische Klemmmittel, zur Fixierung eines Substrats.

[0018] Um eine ausreichende Auslenkung zu ermöglichen, sind die Haltemittel, insbesondere mindestens eine Vakuumnut, am Randabschnitt der entsprechenden Haltefläche vorgesehen.

[0019] Der Randabschnitt ist insbesondere der Bereich des Substrats bzw. des Chucks, der den radial äußeren 5% bis 20% des Radius entspricht.

[0020] Die Vakuummittel können an eine Vakuumquelle angeschlossen sein.

[0021] Zur Versorgung mit einem ausreichenden Gasdruck umfasst die Bondvorrichtung mindestens eine Gasdruckquelle, insbesondere wobei die mindestens eine Gasdruckquelle strömungsmäßig mit dem ersten Gasdruckregler und dem zweiten Gasdruckregler verbunden ist.

[0022] Beispielsweise ist die Gasdruckquelle, z.B. ein Kompressor, selbst ein Druckregler. In diesem Fall sind eine erste und eine zweite Gasdruckquelle erforderlich.

[0023] Zu dem oben genannten Zweck ist ein Verfahren zum Bonden eines ersten Substrats an ein zweites Substrat unter Verwendung einer Bondvorrichtung vorgesehen, die einen ersten Chuck mit einem ersten Druckanschluss und einen zweiten Chuck mit einem zweiten Druckanschluss umfasst. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- a) das erste Substrat wird auf den ersten Chuck gelegt, wobei der erste Druckanschluss abgedeckt wird, und der Randabschnitt des ersten Substrats wird am ersten Chuck fixiert,
- b) das zweite Substrat wird auf den zweiten Chuck gelegt, wobei der zweite Druckanschluss abgedeckt wird, und der Randabschnitt des zweiten Substrats wird am zweiten Chuck fixiert,
- c) dem ersten Druckanschluss wird Gas mit einem ersten Gasdruck zugeführt und dem zweiten Druckanschluss wird Gas mit einem zweiten Gasdruck zugeführt, so dass die Substrate zueinander hin ausgelenkt werden, und
- d) der erste Chuck und der zweite Chuck werden relativ zueinander aufeinander zu bewegt, zumindest bis das erste Substrat und das zweite Substrat miteinander in Kontakt sind,

wobei der erste Gasdruck und der zweite Gasdruck unabhängig voneinander gesteuert werden.

[0024] Die Bewegung der Chucks kann angehalten werden, bevor die Substrate in vollem Kontakt miteinander sind. Beispielsweise beträgt der Abstand zwischen den Chucks bei Anhalten der

Bewegung weniger als das Fünffache der Dicke eines der Substrate.

[0025] Die im Zusammenhang mit der Bondvorrichtung erläuterten Merkmale und Vorteile gelten auch für das Verfahren und umgekehrt. Zum Beispiel kann eine Bondvorrichtung wie oben beschrieben bei dem Verfahren zum Einsatz kommen.

[0026] Beispielsweise werden die Gasdrücke gleichzeitig angelegt und/oder sind die Substrate und die Chucks konzentrisch zueinander.

[0027] Für eine genauere Steuerung der Auslenkung kann das Verfahren die folgenden weiteren Schritte aufweisen:

- a) mindestens eine Eigenschaft des ersten Substrats und/oder mindestens eine Eigenschaft des zweiten Substrats wird/werden gemessen, insbesondere eine mechanische Eigenschaft, wie die Nenngröße und/oder der Nenndurchmesser des jeweiligen Substrats, die Ist-Größe und/oder der Ist-Durchmesser des jeweiligen Substrats, die Steifigkeit des jeweiligen Substrats, und/oder eine umgebungsbedingte Eigenschaft, wie die Temperatur des jeweiligen Substrats, und
- b) der erste Gasdruck und/oder der zweite Gasdruck wird/werden in Abhängigkeit von der mindestens einen Eigenschaft des ersten Substrats, in Abhängigkeit von der mindestens einen Eigenschaft des zweiten Substrats oder in Abhängigkeit von der mindestens einen Eigenschaft des ersten Substrats und des zweiten Substrats gesteuert.

[0028] Bei einer Ausführungsform liegen Kontaktabschnitte der Substrate am Druckanschluss des entsprechenden Substrats, wobei die Kontaktabschnitte bei Anlegen des ersten Gasdrucks und des zweiten Gasdrucks der größten Auslenkung unterzogen werden, wobei das erste Substrat und das zweite Substrat dann, wenn die Chucks aufeinander zu bewegt werden, zunächst mit den jeweiligen Kontaktabschnitten miteinander in Kontakt gelangen. Somit ist sichergestellt, dass der Anfangskontakt und das anfängliche Bonden über die Kontaktabschnitte hergestellt wird.

[0029] Zur weiteren Reduzierung von Skalenverzerrungen werden der erste Gasdruck und der zweite Gasdruck während der Bewegung der Chucks so gesteuert, dass der Auftreffwinkel zwischen dem ersten Substrat und dem zweiten Substrat nach dem anfänglichen Kontakt zwischen $0,1^\circ$ und $1,5^\circ$, insbesondere zwischen $0,4^\circ$ und $0,8^\circ$, gehalten wird, und/oder so, dass der Auftreffwinkel von der endgültigen flachen Ebene zwischen den Substraten gleichmäßig aufgeteilt wird. Die Steuereinheit für den ersten und/oder den zweiten Gasdruck kann so programmierbar sein, dass sie den jeweiligen Druckwert während des Ausbreitungsprozesses der Bondwelle ändert.

[0030] Beispielsweise wird der Auftreffwinkel während des Bondens konstantgehalten. Während des Bondens kann sich die Bondwelle radial nach außen ausbreiten, und somit bewegt sich der Winkel radial nach außen.

[0031] Zur Erzielung hochgenauer Ergebnisse können der erste Druckanschluss und der zweite Druckanschluss so aufeinander ausgerichtet sein, dass die Kontaktabschnitte aufeinander ausgerichtet sind. Die Druckanschlüsse können in der Mitte des Substrats liegen.

[0032] Ferner ist zu dem oben genannten Zweck eine Bondvorrichtung zum Bonden von Substraten bereitgestellt, die einen ersten Chuck, einen zweiten Chuck, einen ersten Gasdruckregler, ein verschiebbares erstes Stützelement und einen ersten Stellantrieb für das erste Stützelement umfasst. Der erste Chuck umfasst eine erste Haltefläche zum Halten eines ersten Substrats, wobei die erste Haltefläche einen ersten Druckanschluss aufweist, der in Strömungsverbindung mit dem ersten Gasdruckregler steht. Das erste Stützelement ist zumindest teilweise innerhalb des ersten Druckanschlusses verschiebbar so angebracht, dass der erste Stellantrieb in der Lage ist, das erste Stützelement zwischen einer eingezogenen Position, in der das erste Stützelement nicht über die erste Haltefläche vorsteht, und einer ausgefahrenen Position zu bewegen, in der das erste Stützelement in Richtung auf den zweiten Chuck über die erste Haltefläche vorsteht.

[0033] Aufgrund des Stützelements kann die Funktion des Gasdrucks gesteuert und/oder unter-

stützt werden, wodurch die Genauigkeit des Prozesses noch weiter verbessert wird.

[0034] Die Bondvorrichtung kann auch mindestens ein Merkmal, zum Beispiel alle Merkmale der oben beschriebenen Bondvorrichtung mit den genannten Vorteilen aufweisen und umgekehrt.

[0035] Bei einer Ausführungsform umfasst die Bondvorrichtung einen zweiten Gasdruckregler, ein zweites Stützelement und einen zweiten Stellantrieb für das zweite Stützelement. Der zweite Chuck umfasst eine zweite Haltefläche zum Halten eines zweiten Substrats, wobei die zweite Haltefläche einen zweiten Druckanschluss aufweist, der in Strömungsverbindung mit dem zweiten Gasdruckregler steht. Das zweite Stützelement ist zumindest teilweise innerhalb des zweiten Druckanschlusses verschiebbar so angebracht, dass der zweite Stellantrieb in der Lage ist, das zweite Stützelement zwischen einer eingezogenen Position, in der das zweite Stützelement nicht über die zweite Haltefläche vorsteht, und einer ausgefahrenen Position zu bewegen, in der das zweite Stützelement in Richtung auf den ersten Chuck über die zweite Haltefläche vorsteht. Auf diese Weise kann der Anfangspunkt des Bondens noch genauer und mit einem höheren örtlich begrenzten Grenzflächendruck gesteuert werden, um eine angemessene Einleitung der Bondung sicherzustellen.

[0036] Der erste Stellantrieb und/oder der zweite Stellantrieb kann/können ein Elektromotor, ein Piezoaktor, ein pneumatischer Stellantrieb und/oder ein hydraulischer Stellantrieb sein.

[0037] Bei dem ersten Stützelement und/oder dem zweiten Stützelement kann es sich um ein langgestrecktes Element, zum Beispiel einen Stift, handeln.

[0038] Bei einem Aspekt umfasst die Bondvorrichtung eine Steuereinheit, die elektrisch und/oder drahtlos mit dem ersten Gasdruckregler und dem ersten Stellantrieb und/oder mit dem zweiten Gasdruckregler und dem zweiten Stellantrieb verbunden ist, wobei die Steuereinheit so eingerichtet ist, dass sie den ersten Gasdruckregler so steuert, dass dem ersten Druckanschluss Gas mit einem ersten Gasdruck zugeführt wird, und so eingerichtet ist, dass sie die Bewegung des ersten Stützelements über den ersten Stellantrieb steuert, und/oder wobei die Steuereinheit so eingerichtet ist, dass sie den zweiten Gasdruckregler so steuert, dass dem zweiten Druckanschluss Gas mit einem zweiten Gasdruck zugeführt wird, und so eingerichtet ist, dass sie die Bewegung des zweiten Stützelements über den zweiten Stellantrieb steuert. Auf diese Weise kann der Bondvorgang im Einzelnen gesteuert werden.

[0039] Um sowohl das Stützelement als auch den Druckanschluss an der gleichen Stelle anzuordnen, kann/können der erste Chuck und/oder der zweite Chuck eine Öffnung aufweisen, die sich von der jeweiligen Haltefläche aus erstreckt, insbesondere vollständig durch den jeweiligen Chuck hindurch verläuft, wobei ein an die jeweilige Haltefläche angrenzender Abschnitt der Öffnung der jeweilige Druckanschluss ist, insbesondere wobei das jeweilige Stützelement in der Öffnung angebracht ist und ein Zufuhrkanal vorgesehen ist, der sich von dem den Druckanschluss bildenden Abschnitt zu einer rückwärtigen Fläche oder einer Umfangsfläche des jeweiligen Chucks erstreckt.

[0040] Die rückwärtige Fläche ist insbesondere zur Haltefläche entgegengesetzt.

[0041] Der Druckregler kann strömungsmäßig mit dem Zufuhrkanal verbunden sein, um dem Druckanschluss Gas zuzuführen.

[0042] Bei einer Ausführungsform sind der erste Druckanschluss und/oder der zweite Druckanschluss in der Mitte, insbesondere im Flächenmittelpunkt der jeweiligen Haltefläche bzw. des Chucks angeordnet und/oder sind der erste Druckanschluss und der zweite Druckanschluss aufeinander ausgerichtet, wodurch eine rotationssymmetrische Auslenkung jedes Substrats und/oder die beste Überdeckung der Substrate entsteht.

[0043] Für einen stabilen und sicheren Prozess umfassen die Chucks, insbesondere die Haltefläche, Haltemittel, insbesondere Vakuummittel, elektrostatische Mittel oder mechanische Klemmmittel, zur Fixierung eines Substrats.

[0044] Um eine ausreichende Auslenkung zu ermöglichen, sind die Haltemittel, insbesondere mindestens eine Vakuumnut, am Randabschnitt der entsprechenden Haltefläche vorgesehen.

[0045] Der Randabschnitt ist insbesondere der Bereich des Substrats bzw. des Chucks, der den radial äußeren 5% bis 20% des Radius entspricht.

[0046] Die Vakuummittel können an eine Vakuumquelle angeschlossen sein.

[0047] Zur Versorgung mit einem ausreichenden Gasdruck umfasst die Bondvorrichtung mindestens eine Gasdruckquelle, insbesondere wobei die mindestens eine Gasdruckquelle strömungsmäßig mit dem ersten Gasdruckregler und dem zweiten Gasdruckregler verbunden ist.

[0048] Beispielsweise ist die Gasdruckquelle, z.B. ein Kompressor, selbst ein Druckregler. In diesem Fall sind eine erste und eine zweite Gasdruckquelle erforderlich.

[0049] Ferner ist zu dem oben genannten Zweck ein Verfahren zum Bonden eines ersten Substrats an ein zweites Substrat unter Verwendung einer Bondvorrichtung vorgesehen, die einen ersten Chuck mit einem ersten Druckanschluss und einem ersten Stützelement und einen zweiten Chuck umfasst. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- a) das erste Substrat wird auf den ersten Chuck gelegt, wobei der erste Druckanschluss abgedeckt wird, und der Randabschnitt des ersten Substrats wird am ersten Chuck fixiert,
- b) das zweite Substrat wird auf den zweiten Chuck gelegt und das zweite Substrat wird am zweiten Chuck fixiert,
- c) dem ersten Druckanschluss wird Gas mit einem ersten Gasdruck zugeführt, so dass das erste Substrat in Richtung auf das zweite Substrat ausgelenkt wird,
- d) das erste Stützelement wird in eine ausgefahrene Position bewegt, in der das erste Stützelement in Richtung auf den zweiten Chuck über den ersten Chuck hervorsteht, und
- e) der erste Chuck und der zweite Chuck werden relativ zueinander aufeinander zu bewegt, zumindest bis das erste Substrat und das zweite Substrat miteinander in Kontakt sind.

[0050] Die Bewegung der Chucks kann angehalten werden, bevor die Substrate in vollem Kontakt miteinander sind. Beispielsweise beträgt der Abstand zwischen den Chucks bei Anhalten der Bewegung weniger als das Fünffache der Dicke eines der Substrate.

[0051] Die im obigen Kontext der Ausführungsformen von Bondvorrichtungen und/oder -verfahren erläuterten Merkmale und Vorteile gelten auch für das Verfahren und umgekehrt. Beispielsweise kann eine Bondvorrichtung wie oben beschrieben bei dem Verfahren zur Anwendung kommen.

[0052] Um die Genauigkeit der Steuerung des Anfangskontaktpunktes noch weiter zu verbessern, kann das Verfahren die folgenden weiteren Schritte aufweisen:

- a) einem zweiten Druckanschluss des zweiten Chucks wird Gas mit einem zweiten Gasdruck zugeführt, so dass das zweite Substrat in Richtung auf das erste Substrat ausgelenkt wird, und
- b) das zweite Stützelement wird in eine ausgefahrene Position bewegt, in der das zweite Stützelement in Richtung auf den ersten Chuck über den zweiten Chuck vorsteht.

[0053] Die Bewegung des ersten und/oder des zweiten Stützelements kann gleichzeitig mit dem Zuführen des Gases am entsprechenden Druckanschluss erfolgen oder nachdem der entsprechende Gasdruck am entsprechenden Druckanschluss hergestellt worden ist.

[0054] Bei einem Aspekt der Erfindung wird/werden das erste Stützelement und/oder das zweite Stützelement bewegt, bis es/sie das ausgelenkte erste Substrat bzw. das ausgelenkte zweite Substrat berührt/berühren, wobei der Betrag der Auslenkung des jeweiligen Substrats anhand der Position des Stützelements gemessen wird, insbesondere wobei der jeweilige Gasdruck anhand des gemessenen Betrags der Auslenkung des jeweiligen Substrats eingestellt wird. Dadurch lässt sich die Bewegung der Stützelemente präzise steuern.

[0055] Es kann eine Regelung für den ersten Gasdruck und/oder den zweiten Gasdruck unter Verwendung des jeweiligen Stützelements eingerichtet werden.

[0056] Bei einer Ausführungsform wird insbesondere nach dem anfänglichen Kontakt der Substrate das erste Stützelement so betätigt, dass es einen zusätzlichen mechanischen Druck auf das erste Substrat aufbringt, und/oder wird insbesondere nach dem anfänglichen Kontakt der Substrate das zweite Stützelement so betätigt, dass es einen zusätzlichen mechanischen Druck auf das zweite Substrat aufbringt. Durch den mechanischen Druck wird das anfängliche Bonden der Substrate sichergestellt. Dadurch, dass der Druck lokal aufgebracht wird, d.h. an der Stelle, an der das Stützelement angreift, können der Anfangspunkt der Bondung und damit der Ursprung der Bondwelle genau gesteuert werden.

[0057] Der mechanische Druck kann höher sein als der jeweilige Gasdruck.

[0058] Zum Beispiel können beide Stützelemente zur Aufbringung des mechanischen Drucks betätigt werden.

[0059] Es ist auch denkbar, dass nur eines der Stützelemente bewegt wird und das andere Stützelement arretiert ist, z.B. das entsprechende Substrat berührt und stützt.

[0060] Auch wenn der mechanische Druck aufgebracht wird, kann die Auslenkung allein durch den Gasdruck bewirkt werden.

[0061] Bei einem Aspekt wird das erste Stützelement und/oder das zweite Stützelement eingezogen, insbesondere in eine eingezogene Position, nachdem der mechanische Druck aufgebracht worden ist, aber bevor die Substrate vollständig in Kontakt miteinander sind. Auf diese Weise stören die Stützelemente den Bondvorgang nicht, sobald die Substrate anfangs eingebondet sind.

[0062] In seiner eingezogenen Position steht das Stützelement nicht über die Oberfläche des entsprechenden Chucks oder über die entsprechende Haltefläche vor.

[0063] Bei einer Ausführungsform liegen an den jeweiligen Druckanschlüssen Kontaktabschnitte der Substrate, wobei die Kontaktabschnitte bei Anlegen des ersten Gasdrucks und des zweiten Gasdrucks der größten Auslenkung unterzogen werden, wobei das erste Substrat und das zweite Substrat dann, wenn die Chucks aufeinander zu bewegt werden, zunächst mit den jeweiligen Kontaktabschnitten miteinander in Kontakt gelangen. Somit ist sichergestellt, dass der anfängliche Kontakt von den Kontaktabschnitten hergestellt wird.

[0064] Zur weiteren Reduzierung von Skalenzerrungen werden der erste Gasdruck und der zweite Gasdruck während der Bewegung der Chucks so gesteuert, dass der Auftreffwinkel zwischen dem ersten Substrat und dem zweiten Substrat nach dem anfänglichen Kontakt zwischen $0,1^\circ$ und $1,5^\circ$, insbesondere zwischen $0,4^\circ$ und $0,8^\circ$, gehalten wird, und/oder so, dass der Auftreffwinkel von der endgültigen flachen Ebene zwischen den Substraten gleichmäßig aufgeteilt wird. Die Steuereinheit für den ersten und/oder den zweiten Gasdruck kann so programmierbar sein, dass sie den jeweiligen Druckwert während des Ausbreitungsprozesses der Bondwelle ändert.

[0065] Beispielsweise wird der Auftreffwinkel während des Bondens konstantgehalten. Während des Bondens kann sich die Bondwelle radial nach außen ausbreiten, und somit verschiebt sich der Winkel radial nach außen.

[0066] Um hochgenaue Ergebnisse zu erhalten, können der erste Druckanschluss und der zweite Druckanschluss so aufeinander ausgerichtet sein, dass die Kontaktabschnitte aufeinander ausgerichtet sind. Die Druckanschlüsse können in der Mitte des Substrats liegen.

[0067] Zu dem obigen Zweck ist darüber hinaus eine Bondvorrichtung zum Bonden von Substraten vorgesehen. Die Bondvorrichtung umfasst einen ersten Chuck, eine erste Tragstruktur, einen zweiten Chuck und eine zweite Tragstruktur. Der erste Chuck ist so an der ersten Tragstruktur angebracht, dass der erste Chuck von der ersten Tragstruktur thermisch isoliert ist, und der zweite Chuck ist so an der zweiten Tragstruktur angebracht, dass der zweite Chuck von der zweiten Tragstruktur thermisch isoliert ist.

[0068] Durch die Wärmeisolierung der Chucks kann die Temperatur der Chucks präzise gesteuert werden.

ert werden, damit Skalenverzerrungen der Substrate aufgrund unterschiedlicher Temperaturen und/oder unterschiedlicher Wärmeausdehnungskoeffizienten vermieden werden, da die Substrate die Temperatur des Chucks annehmen, sobald sie auf dem Chuck positioniert sind.

[0069] Die Bondvorrichtung kann auch wenigstens ein Merkmal, zum Beispiel alle Merkmale, der oben beschriebenen Ausführungsformen der Bondvorrichtung und/oder der -verfahren mit den genannten Vorteilen aufweisen und umgekehrt.

[0070] Bei einem Aspekt ist/sind der erste Chuck und/oder der zweite Chuck mittels Montageelementen an der jeweiligen Tragstruktur befestigt, wobei der erste Chuck und/oder der zweite Chuck von der jeweiligen Tragstruktur beabstandet ist/sind. Auf diese Weise wird die thermische Isolierung zwischen dem Chuck und der entsprechenden Tragstruktur durch den Abstand, d.h. Luft, Gas, Vakuum, zwischen dem Chuck und der Tragstruktur erzielt.

[0071] Zur weiteren Verringerung einer thermisch bedingten Skalenverzerrung umfasst die Bondvorrichtung wenigstens eine Chuck-Temperiervorrichtung, die dazu eingerichtet ist, die Temperaturen des ersten Chucks und des zweiten Chucks auszugleichen.

[0072] Im Rahmen dieser Offenbarung bedeutet ausgleichen die Verringerung des Temperaturunterschieds auf weniger als 1°C, insbesondere weniger als 0,5°C, insbesondere weniger als 0,1°C.

[0073] Bei einer Ausführungsform umfassen der erste Chuck und der zweite Chuck jeweils wenigstens einen Temperierkanal, wobei die Chuck-Temperiervorrichtung einen Temperierkreislauf umfasst, der den wenigstens einen Temperierkanal des ersten Chucks und den wenigstens einen Temperierkanal des zweiten Chucks im selben Temperierkreislauf enthält, wodurch sichergestellt ist, dass die Chucks thermisch ausgeglichen sind.

[0074] Alternativ oder zusätzlich umfasst/umfassen der erste Chuck und/oder der zweite Chuck ein Heizelement, insbesondere ein Heizelement mit Regelkreis, wodurch die Bondvorrichtung vereinfacht wird.

[0075] Zur Vermeidung einer Temperaturdifferenz zwischen den Chucks und/oder Substraten kann die Bondvorrichtung eine Gastemperiervorrichtung umfassen. Der erste Chuck umfasst eine erste Haltefläche zum Halten eines ersten Substrats, wobei die erste Haltefläche einen ersten Druckanschluss aufweist, der mit der Gastemperiervorrichtung in Strömungsverbindung steht. Der zweite Chuck umfasst eine zweite Haltefläche zum Halten eines zweiten Substrats, wobei die zweite Haltefläche einen zweiten Druckanschluss aufweist, der mit der Gastemperiervorrichtung in Strömungsverbindung steht.

[0076] Bei einem Aspekt umfasst die Gastemperiervorrichtung ein Temperiermaterial mit wenigstens einem Kanal, wobei der wenigstens eine Kanal mit dem ersten Druckanschluss und/oder dem zweiten Druckanschluss in Strömungsverbindung steht. Durch die Führung des Gases durch dasselbe Temperiermaterial ist sichergestellt, dass das dem ersten Druckanschluss und dem zweiten Druckanschluss zugeleitete Gas die gleiche Temperatur hat.

[0077] Zur Steuerung der Temperatur des Gases und/oder des Chucks umfasst/umfassen der erste Chuck und/oder der zweite Chuck einen Temperatursensor, der dem jeweiligen Druckanschluss des entsprechenden Chucks zugeordnet ist.

[0078] Bei einer Ausführungsform ist/sind der erste Druckanschluss und/oder der zweite Druckanschluss in der Mitte, insbesondere im Flächenmittelpunkt der jeweiligen Haltefläche bzw. des Chucks, angeordnet und/oder sind der erste Druckanschluss und der zweite Druckanschluss aufeinander ausgerichtet, womit eine rotationssymmetrische Auslenkung jedes Substrats und/oder die beste Überdeckung der Substrate erreicht wird.

[0079] Für einen stabilen und sicheren Prozess umfassen die Chucks, insbesondere die Haltefläche, Haltemittel, insbesondere Vakuummittel, elektrostatische Mittel oder mechanische Klemmmittel, zur Fixierung eines Substrats.

[0080] Um eine ausreichende Auslenkung zu ermöglichen, sind die Haltemittel, insbesondere

mindestens eine Vakuumnut, am Randabschnitt der entsprechenden Haltefläche vorgesehen.

[0081] Der Randabschnitt ist insbesondere der Bereich des Substrats bzw. des Chucks, der den radial äußeren 5% bis 20% des Radius entspricht.

[0082] Die Vakuummittel können an eine Vakuumquelle angeschlossen sein.

[0083] Zur Versorgung mit einem ausreichenden Gasdruck umfasst die Bondvorrichtung mindestens eine Gasdruckquelle, insbesondere wobei die mindestens eine Gasdruckquelle strömungsmäßig mit dem ersten Gasdruckregler und dem zweiten Gasdruckregler verbunden ist.

[0084] Beispielsweise ist die Gasdruckquelle, z.B. ein Kompressor, selbst ein Druckregler. In diesem Fall sind eine erste und eine zweite Gasdruckquelle erforderlich.

[0085] Zu dem oben genannten Zweck ist ferner ein Verfahren zum Bonden eines ersten Substrats an ein zweites Substrat unter Verwendung einer Bondvorrichtung mit einem ersten Chuck und einem zweiten Chuck vorgesehen. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- a) die Temperaturen des ersten Chucks und des zweiten Chucks werden ausgeglichen,
- b) das erste Substrat wird auf den ersten Chuck gelegt und das erste Substrat wird am ersten Chuck fixiert,
- c) das zweite Substrat wird auf den zweiten Chuck gelegt und das zweite Substrat wird am zweiten Chuck fixiert, und
- d) der erste Chuck und der zweite Chuck werden relativ zueinander aufeinander zu bewegt, zumindest bis das erste Substrat und das zweite Substrat miteinander in Kontakt sind.

[0086] Die Bewegung der Chucks kann angehalten werden, bevor die Substrate in vollem Kontakt miteinander sind. Beispielsweise beträgt der Abstand zwischen den Chucks bei Anhalten der Bewegung weniger als das Fünffache der Dicke eines der Substrate.

[0087] Die im obigen Kontext der Ausführungsformen von Bondvorrichtungen und -verfahren erläuterten Merkmale und Vorteile gelten auch für das Verfahren und umgekehrt. Beispielsweise kann eine Bondvorrichtung wie oben beschrieben bei dem Verfahren zum Einsatz gelangen.

[0088] Beispielsweise dauert das Ausgleichen und/oder Temperieren wenigstens so lange an, bis die Substrate auf die Chucks aufgelegt werden, insbesondere bis ein anfänglicher Kontakt zwischen den Substraten hergestellt ist oder bis die Substrate vollständig gebondet sind.

[0089] Um die Chucks auf einfache und effiziente Weise anzugleichen, werden der erste Chuck und der zweite Chuck aufeinander zu bewegt, bis die Chucks einander unmittelbar berühren, insbesondere wobei die Chucks zumindest so lange in Kontakt gehalten werden, bis ihre Temperaturen ausgeglichen sind.

[0090] Für einen sehr genauen Temperatenausgleich werden die Temperaturen des ersten Chucks und des zweiten Chucks mittels einer Chuck-Temperiervorrichtung ausgeglichen.

[0091] Bei einem Aspekt erfolgt das Ausgleichen durch Umwälzung eines Temperierfluids durch wenigstens einen Temperierkanal des ersten Chucks und wenigstens einen Temperierkanal des zweiten Chucks unter Verwendung desselben Temperierkreislaufs der Chuck-Temperiervorrichtung. Auf diese Weise wird ein sehr genauer Ausgleich durchgeführt.

[0092] Zusätzlich oder alternativ dazu erfolgt das Ausgleichen durch Erwärmen des ersten Chucks und/oder des zweiten Chucks mittels eines Heizelements der Chuck-Temperiervorrichtung, insbesondere eines Heizelements mit Regelkreis, im jeweiligen Chuck. Damit kann die Bondvorrichtung vereinfacht werden.

[0093] Bei einer Ausführungsform umfasst der erste Chuck einen ersten Druckanschluss und/oder umfasst der zweite Chuck einen zweiten Druckanschluss, wobei dem ersten Druckanschluss Gas mit einem ersten Gasdruck zugeführt wird und/oder dem zweiten Druckanschluss Gas mit einem zweiten Gasdruck zugeführt wird, so dass die Substrate zueinander hin ausgelenkt werden, wodurch Ungenauigkeiten bei der Bondung verringert werden.

[0094] Bei einem Aspekt wird das Gas vor Erreichen des entsprechenden Druckanschlusses temperiert, insbesondere durch Kontakt mit dem entsprechenden Chuck, wodurch durch das Gas bedingte Temperaturdifferenzen reduziert werden.

[0095] Zur präzisen Temperierung wird das Gas durch eine Gastemperiervorrichtung temperiert, wobei das zum ersten Druckanschluss und zum zweiten Druckanschluss geleitete Gas ein gemeinsames Gastemperiermaterial der Gastemperiervorrichtung durchläuft, insbesondere wobei die Temperatur des gemeinsamen Gastemperiermaterials gesteuert wird.

[0096] Die Temperierung erfolgt insbesondere so, dass Gas am ersten Druckanschluss und am zweiten Druckanschluss gleiche Temperaturen aufweist.

[0097] Bei einem weiteren Aspekt umfasst die Bondvorrichtung wenigstens zwei Gastemperatursensoren, wobei die Gastemperatursensoren jeweils dem ersten Druckanschluss bzw. dem zweiten Druckanschluss zugeordnet sind, wobei die Gastemperatursensoren die Temperatur des zu dem jeweils zugeordneten Druckanschluss geleiteten Gases messen. Auf diese Weise lassen sich die Temperaturdifferenz und z.B. die Skalenverzerrung noch weiter verringern.

[0098] Zur genauen Steuerung der Temperatur des Chucks kann die Bondvorrichtung wenigstens zwei Chuck-Temperatursensoren umfassen, wobei die Chuck-Temperatursensoren jeweils dem ersten Chuck bzw. dem zweiten Chuck zugeordnet sind, wobei die Chuck-Temperatursensoren die Temperatur des jeweiligen Chucks messen.

[0099] Bei einer Ausführungsform werden der erste Gasdruck und der zweite Gasdruck auf der Grundlage der gemessenen Temperatur des zum ersten Druckanschluss geleiteten Gases, des zum zweiten Druckanschluss geleiteten Gases, der gemessenen Temperatur des ersten Chucks, der gemessenen Temperatur des zweiten Chucks oder einer Kombination aus beliebigen der Temperaturen gesteuert. Auf diese Weise kann die Genauigkeit der Bondung noch weiter erhöht werden.

[00100] Bei einer Ausführungsform liegen an den jeweiligen Druckanschlüssen Kontaktabschnitte der Substrate, wobei die Kontaktabschnitte bei Anlegen des ersten Gasdrucks und/oder des zweiten Gasdrucks der größten Auslenkung unterzogen werden, wobei das erste Substrat und das zweite Substrat dann, wenn die Chucks aufeinander zu bewegt werden, zunächst mit den jeweiligen Kontaktabschnitten miteinander in Kontakt gelangen. Somit ist sichergestellt, dass der anfängliche Kontakt über die Kontaktabschnitte hergestellt wird.

[00101] Zur weiteren Reduzierung von Skalenverzerrungen werden der erste Gasdruck und der zweite Gasdruck während der Bewegung der Chucks so gesteuert, dass der Auftreffwinkel zwischen dem ersten Substrat und dem zweiten Substrat nach dem anfänglichen Kontakt zwischen $0,1^\circ$ und $1,5^\circ$, insbesondere zwischen $0,4^\circ$ und $0,8^\circ$, gehalten wird, und/oder so, dass der Auftreffwinkel von der endgültigen flachen Ebene zwischen den Substraten gleichmäßig aufgeteilt wird. Die Steuereinheit für den ersten und/oder den zweiten Gasdruck kann so programmierbar sein, dass sie den jeweiligen Druckwert während des Ausbreitungsprozesses der Bondwelle ändert.

[00102] Beispielsweise wird der Auftreffwinkel während des Bondens konstantgehalten. Während des Bondens kann sich die Bondwelle radial nach außen ausbreiten, und somit verschiebt sich der Winkel radial nach außen.

[00103] Um hochgenaue Ergebnisse zu erhalten, können der erste Druckanschluss und der zweite Druckanschluss so aufeinander ausgerichtet sein, dass die Kontaktabschnitte aufeinander ausgerichtet sind.

[00104] Die Druckanschlüsse können in der Mitte des Substrats liegen.

[00105] Weitere Merkmale und Vorteile sind aus der nachfolgenden Beschreibung sowie aus den beigefügten Zeichnungen ersichtlich, auf die Bezug genommen wird. Darin zeigen:

[00106] - Figur 1 schematisch eine erfindungsgemäße Bondvorrichtung,

[00107] - Figur 2 eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Bondvorrichtung,

und

[00108] - Figuren 3a bis 3g Chucks der Bondvorrichtung gemäß Figur 1 oder Figur 2 während verschiedener Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[00109] In Figur 1 ist schematisch eine Bondvorrichtung 10 zum Bonden eines ersten Substrats 12 an ein zweites Substrat 14 gezeigt.

[00110] Bei der Bondvorrichtung 10 handelt es sich beispielsweise um eine Bondvorrichtung für das Fusionsbonden oder das Direktbonden. Die Substrate 12, 14 können Wafer sein, zum Beispiel aus einem Halbleiter, insbesondere Silicium.

[00111] Eines der Substrate 12, 14 oder beide können Strukturen wie etwa Mikro- oder Nanostrukturen aufweisen, insbesondere auf der dem anderen Substrat 12, 14 zugewandten Oberfläche.

[00112] Die Bondvorrichtung 10 umfasst ein Gehäuse 16, in dem eine Prozesskammer 18 gebildet ist. In der Prozesskammer 18 der Bondvorrichtung 10 sind eine erste Tragstruktur 20, eine zweite Tragstruktur 22, ein erster Chuck 24 und ein zweiter Chuck 26 angeordnet.

[00113] Die Chucks 24, 26 sind parallel zueinander, auch wenn sie vertikal verfahren werden. Ferner können die Chucks 24, 26 konzentrisch zueinander sein.

[00114] Die Chucks 24, 26 können kreisförmig sein und/oder einen Durchmesser zur Aufnahme von 100 mm, 150 mm, 200 mm, 300 mm und/oder 450 mm großen Substraten bzw. Wafern haben.

[00115] Die Begriffe "erste/r" und "zweite/r" werden im Zusammenhang mit der Erfindung verwendet, um verschiedene Teilkomponenten voneinander abzugrenzen. Dies bedeutet nicht zwangsläufig, dass eine Komponente, die eine zweite Teilkomponente umfasst, tatsächlich zwei der Teilkomponenten umfasst.

[00116] Die Bondvorrichtung 10 umfasst ferner außerhalb der Prozesskammer 18 eine Vakuumquelle 28, eine Chuck-Temperiervorrichtung 30, eine Steuereinheit 32, eine Gastemperiervorrichtung 34, eine Druckquelle 36, einen ersten Gasdruckregler 38 und einen zweiten Gasdruckregler 40.

[00117] Es ist natürlich denkbar, dass eine oder mehrere der vorgenannten Komponenten im Inneren der Prozesskammer 18 angeordnet sind. Beispielsweise können der erste Gasdruckregler 38 und der zweite Gasdruckregler 40 in der Prozesskammer 18, insbesondere nahe oder in dem entsprechenden Chuck 24, 26, angeordnet sein, um eine genauere Gasdruckregelung zu ermöglichen.

[00118] Der erste Chuck 24 und die erste Tragstruktur 20 bilden eine untere Einheit der Bondvorrichtung 10. Ebenso bilden der zweite Chuck 26 und die zweite Tragstruktur 22 eine obere Einheit der Bondvorrichtung 10. Die obere Einheit ist oberhalb der unteren Einheit angeordnet, wobei die Chucks 24, 26 einander zugewandt sind.

[00119] Die obere Einheit und die untere Einheit können Montageelemente 42, zum Beispiel Stäbe, umfassen, mit denen der erste Chuck 24 an der ersten Tragstruktur 20 und der zweite Chuck 26 an der zweiten Tragstruktur 22 angebracht ist.

[00120] Die Montageelemente 42 bestehen beispielsweise aus einem Material mit geringer Wärmeleitfähigkeit.

[00121] Durch die Montageelemente 42 sind die Chucks 24, 26 von der jeweiligen Tragstruktur 20, 22 beabstandet. Somit sind sie nicht in unmittelbarer Berührung mit der jeweiligen Tragstruktur 20, 22.

[00122] Aufgrund des Spalts zwischen den Chucks 24, 26 und der entsprechenden Tragstruktur 20, 22 sind die Chucks 24, 26 thermisch von der entsprechenden Tragstruktur 20, 22 isoliert.

[00123] In dem Spalt kann die Atmosphäre der Prozesskammer 18 vorliegen. Die Atmosphäre

kann Luft, Gas, wie etwa Stickstoff, oder ein Vakuum sein.

[00124] Bei der Ausführungsform von Figur 1 umfasst die obere Einheit ferner Chuck- Stellantriebe 44, die mit den Montageelementen 42 verbunden sind. Mittels der Chuck-Stellantriebe 44 kann der zweite Chuck 26 vertikal in Richtung auf den ersten Chuck 24 bewegt werden.

[00125] Somit sind der erste Chuck 24 und der zweite Chuck 26 relativ zueinander verschiebbar.

[00126] Die Tragstrukturen 20, 22 können ihrerseits am Gehäuse 16 befestigt sein.

[00127] Die Chucks 24, 26 umfassen jeweils eine Haltefläche mit mindestens einem Druckanschluss an der dem anderen Chuck 26, 24 zugewandten Oberfläche. Der erste Chuck 24 hat also eine erste Haltefläche 46 mit einem ersten Druckanschluss 50, und der zweite Chuck 26 hat eine zweite Haltefläche 48 mit einem zweiten Druckanschluss 52.

[00128] Es ist selbstverständlich denkbar, dass eine erfindungsgemäße Bondvorrichtung 10 eventuell nur einen Chuck 24, 26 aufweist, der mit einem Druckanschluss und einem Tragelement versehen ist.

[00129] Die Druckanschlüsse 50, 52 sind beispielsweise im Flächenmittelpunkt der jeweiligen Haltefläche 46, 48 bzw. des Chucks 24, 26 angeordnet. Zum Beispiel sind der erste Druckanschluss 50 und der zweite Druckanschluss 52 aufeinander ausgerichtet.

[00130] Die Chucks 24, 26 umfassen ferner an ihren jeweiligen Halteflächen 46, 48 Haltemittel 54 zur Fixierung eines Substrats 12, 14.

[00131] Bei der in Figur 1 gezeigten Ausführungsform sind die Haltemittel 54 Vakuummittel, bei denen es sich um wenigstens eine Vakuumnut 56 handelt, die sich am radial äußeren Randabschnitt der Halteflächen 46, 48 befindet.

[00132] Der Randabschnitt ist zum Beispiel definiert als der Abschnitt, der den radial äußeren 5% bis 20% des Radius des Chucks 24, 26 entspricht. Die Haltemittel 54, hier die Vakuumnuten 56, stehen in Strömungsverbindung mit der Vakuumquelle 28.

[00133] In den Chucks 24, 26 ist eine Öffnung 58 vorgesehen, wobei sich die Öffnung 58 beispielsweise durch die gesamte Dicke des jeweiligen Chucks 24, 26 erstreckt.

[00134] Die Öffnung 58 kann sich im Flächenschwerpunkt des Chucks 24, 26 befinden und mündet auf die jeweilige Haltefläche 46, 48.

[00135] Der Abschnitt der Öffnung 58, der auf die jeweilige Haltefläche 46, 48 mündet, d.h. der an die Haltefläche 46, 48 angrenzende Abschnitt, bildet den jeweiligen Druckanschluss 50, 52 des Chucks 24, 26.

[00136] Für jeden Chuck 24, 26 ist ein Temperatursensor 60 vorgesehen, der einem entsprechenden Druckanschluss 50, 52 zugeordnet ist. Der Temperatursensor 60 ist zum Beispiel an dem an die Haltefläche 46, 48 angrenzenden Abschnitt der Öffnung 58 vorgesehen.

[00137] Der Temperatursensor 60 kann einen Gastemperatursensor 61 aufweisen oder ein solcher sein. Der Gastemperatursensor 61 ist beispielsweise an oder in dem jeweiligen Druckanschluss 50, 52 angeordnet.

[00138] Als Alternative oder zusätzlich kann der Temperatursensor 60 einen Chuck- Temperatursensor 63 aufweisen oder ein solcher sein, der die Temperatur des Chucks messen kann.

[00139] In jedem Chuck 24, 26 erstreckt sich ein Zufuhrkanal 62 von der Öffnung 58 zur rückwärtigen Fläche des jeweiligen Chucks 24, 26, wobei die rückwärtige Fläche die vom anderen Chuck 26, 24 abgewandte Oberfläche des Chucks 24, 26 ist.

[00140] Es ist natürlich denkbar, dass sich der Zufuhrkanal 62 bis zu einer Umfangsfläche des jeweiligen Chucks 24, 26 erstreckt.

[00141] An der rückwärtigen Fläche sind die Zufuhrkanäle 62 strömungsmäßig mit dem dem entsprechenden Chuck 24, 26 zugeordneten Druckregler 38, 40 verbunden. Somit ist der Zufuhr-

kanal 62 des ersten Chucks 24 strömungsmäßig mit dem ersten Gasdruckregler 38 verbunden und der Zufuhrkanal 62 des zweiten Chucks 26 ist strömungsmäßig mit dem zweiten Gasdruckregler 40 verbunden.

[00142] Die Druckregler 38, 40 sind ihrerseits strömungsmäßig mit der Gastemperiervorrichtung 34 und schließlich mit der Druckquelle 36 verbunden.

[00143] Die Gastemperiervorrichtung 34 umfasst ein Temperiermodul 64 und Temperiermaterial 65 mit zwei Kanälen 66.

[00144] Die Strömungsverbindung von der Druckquelle 36 zum ersten Gasdruckregler 38 und die Strömungsverbindung von der Druckquelle 36 zum zweiten Gasdruckregler 40 sind jeweils über einen der Kanäle 66 bereitgestellt.

[00145] Natürlich ist es auch denkbar, dass das Temperiermaterial 65 nur einen Kanal umfasst und die Strömungsverbindung zum ersten Gasdruckregler 38 und zum zweiten Gasdruckregler 40 hin sich nach dem Durchlaufen des Temperiermaterials 65 auf dem Weg zu den Druckreglern 38, 40 gabelt oder aufteilt.

[00146] Die obere Einheit und die untere Einheit umfassen jeweils wenigstens ein Stützelement, d.h. ein erstes Stützelement 68 bzw. ein zweites Stützelement 70. Ferner sind ein erster Stellantrieb 72 und ein zweiter Stellantrieb 74 für das erste Stützelement 68 bzw. das zweite Stützelement 70 vorgesehen.

[00147] Die Stellantriebe 72, 74 können in oder an dem entsprechenden Chuck 24, 26 oder in oder an der entsprechenden Tragstruktur 20, 22 angebracht sein und können beispielsweise ein Elektromotor, ein Piezoaktor, ein pneumatischer Stellantrieb und/oder ein hydraulischer Stellantrieb sein.

[00148] Die Stützelemente 68, 70 befinden sich zumindest teilweise innerhalb der Öffnung 58 des jeweiligen Chucks 24, 26. Bei den Stützelementen 68, 70 kann es sich um langgestreckte Elemente, wie etwa Stifte, handeln.

[00149] Die Stützelemente 68, 70 sind bewegbar in der Öffnung 58 gelagert, zum Beispiel mittels eines Lagers 76.

[00150] Der Zufuhrkanal 62 erstreckt sich von der Öffnung 58 zwischen dem Druckanschluss 50, 52 und dem Lager 76.

[00151] Das erste Stützelement 68 und das zweite Stützelement 70 sind senkrecht und auf derselben Linie angeordnet.

[00152] Die Stützelemente 68, 70 können, wie in den Figuren 1 und 2 gezeigt, eine eingezogene Stellung einnehmen, in der die Stützelemente 68, 70 nicht über die entsprechende Haltefläche 46, 48 bzw. den Chuck 24, 26 vorstehen.

[00153] Ferner können die Stützelemente 68, 70 durch die Stellantriebe 72, 74 in eine ausgefahrene Stellung bewegt werden, in der die Stützelemente 68, 70 teilweise über die entsprechenden Halteflächen 46, 48 hervorstehen.

[00154] Es gibt natürlich mehr als eine Stellung, insbesondere ein Kontinuum von ausgefahrenen Stellungen.

[00155] In der in Figur 1 gezeigten ersten Ausführungsform umfassen die Chucks 24, 26 ferner jeweils wenigstens einen Temperierkanal 78, der mit der Chuck-Temperiervorrichtung 30 in Strömungsverbindung steht.

[00156] Die Temperierkanäle 78 können durch den gesamten jeweiligen Chuck 24, 26 verlaufen, beispielsweise spiralförmig oder in mehreren Kreisen.

[00157] Die Chuck-Temperiervorrichtung 30 umfasst einen Temperierkreislauf 80 mit Temperierfluid 82, eine Fluidpumpe 84 und ein Fluidtemperiermodul 86.

[00158] Der Temperierkreislauf 80 weist die Temperierkanäle 78 auf, so dass die beiden, also

wenigstens ein jeweiliger Temperierkanal 78, im gleichen Temperierkreislauf 80 enthalten sind.

[00159] Das Temperierfluid 82 im Temperierkreislauf 80 wird vom Fluidtemperiermodul 86 temperiert und kann über die Fluidpumpe 84 durch den Temperierkreislauf 80 gepumpt werden.

[00160] Die Steuereinheit 32 ist elektrisch und/oder drahtlos mit der Vakuumquelle 28, der Chuck-Temperiervorrichtung 30, der Gastemperiervorrichtung 34, der Druckquelle 36, den Druckreglern 38, 40, den Chuck-Stellantrieben 44, dem Temperatursensor 60 und/oder dem ersten und dem zweiten Stellantrieb 72, 74 verbunden. Die Steuereinheit 32 ist so eingerichtet, dass sie alle oder jede dieser Komponenten steuert.

[00161] Die Steuereinheit 32 hat Zugriff auf eine Datenbank, in der Eigenschaften der Substrate 12, 14 enthalten sind. Die Datenbank kann in der Steuereinheit 32 oder auf einem Server, auf den die Steuereinheit 32 Zugriff hat, liegen, d.h. gespeichert sein.

[00162] Zusätzlich oder alternativ dazu umfasst die Steuereinheit 32 eine Benutzerschnittstelle 88 zum Empfangen von Benutzereingaben, die die Eigenschaft der an den Chucks 24, 26 angeordneten Substrate 12, 14 umfassen.

[00163] In Figur 2 ist schematisch eine zweite Ausführungsform der Bondvorrichtung 10 gezeigt. Die Bondvorrichtung 10 der zweiten Ausführungsform stimmt im Großen und Ganzen mit der Bondvorrichtung 10 der ersten Ausführungsform überein, so dass im Folgenden nur Aspekte erläutert werden, die sich unterscheiden. Gleiche und funktionsgleiche Bauteile sind mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[00164] Ein erster Unterschied zwischen der ersten Ausführungsform der Bondvorrichtung 10 und der zweiten Ausführungsform der Bondvorrichtung 10 liegt in dem Aspekt, dass die Haltemittel 54 als elektrostatische Haltemittel 90 vorgesehen sind. Die elektrostatischen Haltemittel 90 können auch an einem Randabschnitt des jeweiligen Chucks 24, 26 gelegen sein.

[00165] Die Haltemittel 54 könnten natürlich auch mechanische Klemmmittel sein.

[00166] Ein zweiter sich unterscheidender Aspekt betrifft die Druckregler 38, 40. Bei der zweiten Ausführungsform sind die Druckregler 38, 40 jeweils eine Druckquelle, wie etwa ein Kompressor.

[00167] Mit anderen Worten, es sind zwei Druckquellen 36 vorgesehen, die der erste Gasdruckregler 38 bzw. der zweite Gasdruckregler 40 sind.

[00168] Ferner handelt es sich im Unterschied zur ersten Ausführungsform bei der Gastemperiervorrichtung um eine passive Vorrichtung, in der der Zufuhrkanal 62 der Chucks 24, 26 enthalten ist.

[00169] Die Zufuhrkanäle 62 weisen bei dieser zweiten Ausführungsform Temperierabschnitte 92 auf. Die Temperierabschnitte 92 verlängern die Länge des Zufuhrkanals 62 um eine größere Strecke als erforderlich ist, um die Druckanschlüsse 50, 52 einfach direkt und/oder effizient an die jeweiligen Druckregler 38, 40 anzuschließen.

[00170] Ferner umfasst im Unterschied zur ersten Ausführungsform auch die untere Einheit Chuck-Stellantriebe 44, so dass auch der erste Chuck 24 vertikal, d.h. nach oben, in Richtung auf den zweiten Chuck 26 bewegt werden kann.

[00171] Bei einem noch weiteren unterschiedlichen Aspekt umfasst die Chuck-Temperiervorrichtung 30 Heizelemente 94, die sich zur Temperierung der Chucks 24, 26 in beiden Chucks 24, 26 befinden. Die Chuck-Temperiervorrichtungen können geregelte Vorrichtungen sein.

[00172] Es ist natürlich möglich, dass die erfindungsgemäße Bondvorrichtung 10 eine Kombination aus den Merkmalen der ersten und der zweiten Ausführungsform umfassen kann.

[00173] Beispielsweise kann die Bondvorrichtung 10 gemäß der ersten Ausführungsform bereitgestellt sein, wobei jedoch einer oder mehrere der oben genannten Aspekte der zweiten Ausführungsform implementiert sind.

[00174] In den Figuren 3a bis 3g ist das Verfahren zum Bonden der Substrate 12, 14 mit einer

erfindungsgemäßen Bondvorrichtung 10 veranschaulicht. In den Figuren 3a bis 3g sind nur die Chucks 24, 26 und die Stützelemente 68, 70 gezeigt, und zwar weniger detailliert als zuvor, um das Verfahren zu verdeutlichen.

[00175] Die Ausgangsstellung der Bondvorrichtung 10 ist in Figur 3a gezeigt. Die beiden Chucks 12, 14 sind voneinander getrennt und die Stützelemente 68, 70 befinden sich in ihrer eingezogenen Stellung.

[00176] Es ist noch kein Substrat 12, 14 an den Chucks 24, 26 vorhanden.

[00177] Bei einer Ausführungsform des Verfahrens wird, bevor die Substrate 12, 14 auf die Chucks 24, 26 gelegt werden, die Temperatur der Chucks 24, 26 angeglichen, was bedeutet, dass der Temperaturunterschied zwischen dem ersten Chuck 24 und dem zweiten Chuck 26 auf weniger als 1°C , insbesondere weniger als $0,5^{\circ}\text{C}$, verringert wird. Der Temperaturunterschied kann zum Beispiel weniger als $0,1^{\circ}\text{C}$ betragen.

[00178] Anders ausgedrückt, der erste Chuck 24 und der zweite Chuck 26 werden in ein thermisches Gleichgewicht gebracht.

[00179] Zum Ausgleichen der Temperaturen regelt die Chuck-Temperiervorrichtung 30 die Temperatur der Chucks 24, 26 auf dieselbe Temperatur. Die Chuck-Temperiervorrichtung 30 kann ihrerseits von der Steuereinheit 32 gesteuert werden.

[00180] Somit erwärmt die Chuck-Temperiervorrichtung 30 einen der Chucks 24, 26 oder beide Chucks mittels der Heizelemente 94, insbesondere in einem Regelkreis.

[00181] Alternativ dazu oder zusätzlich aktiviert die Chuck-Temperiervorrichtung 30 die Fluidpumpe 84 des gemeinsamen Temperierkreislaufs 80, so dass temperiertes Temperierfluid 82 durch den mindestens einen Temperierkanal 78 beider Chucks 24, 26 umläuft. Auf diese Weise erreichen die Chucks 24, 26 die gleiche Temperatur, da das Temperierfluid 82 in beiden Chucks 24, 26 das gleiche ist, da die Chucks 24, 26 zum gleichen Temperierkreislauf 80 gehören.

[00182] Die Angleichung der Chucks kann mittels der Chuck-Temperatursensoren 63 gesteuert werden.

[00183] Ferner können, da eine erfindungsgemäße Bondvorrichtung auch ohne Chuck-Temperiervorrichtung 30 vorgesehen sein kann, die Temperaturen des ersten Chucks 24 und des zweiten Chucks 26 auch ausgeglichen werden, indem die Chucks 24, 26 aufeinander zu bewegt werden, bis ein unmittelbarer Kontakt der Chucks 24, 26 erzielt ist (siehe Fig. 3b).

[00184] Die Bewegung erfolgt durch die Chuck-Stellantriebe 44 und wird über die Steuereinheit 32 gesteuert.

[00185] Die Chucks 24, 26 werden in unmittelbarem Kontakt miteinander gehalten, bis sich die Temperaturen der Chucks 24, 26 angeglichen haben. Die Temperaturen der Chucks 24, 26 können mittels der Temperatursensoren 60, insbesondere der Chuck-Temperatursensoren 63, gemessen werden.

[00186] Natürlich können die Chucks 24, 26 auch dann in unmittelbarem Kontakt miteinander gebracht werden, wenn eine Temperiervorrichtung 30 vorhanden ist. Dadurch wird der Angleichungsschritt beschleunigt.

[00187] Sobald die Temperaturen der Chucks 24, 26 angeglichen sind, d.h. der Temperaturunterschied kleiner als 1°C , insbesondere kleiner als $0,5^{\circ}\text{C}$, beispielsweise kleiner als $0,1^{\circ}\text{C}$ ist, werden die Chucks 24, 26 voneinander wegbewegt.

[00188] Die Bondvorrichtung 10 kann dann mit den Substraten 12, 14 bestückt werden.

[00189] Wie in Figur 3c zu sehen ist, wird das erste Substrat 12 auf die erste Haltefläche 46 des ersten Chucks 24 und das zweite Substrat 14 auf die zweite Haltefläche 48 des zweiten Chucks 26 gelegt.

[00190] Die Substrate 12, 14 sind konzentrisch zueinander und konzentrisch zu den Chucks 24,

26 angeordnet.

[00191] Sind die Substrate 12, 14 auf die Halteflächen 46, 48 aufgelegt, werden die Haltemittel 54 aktiviert.

[00192] So kann die Vakuumquelle 28 ein Vakuum an die Vakuumnuten 56 anlegen, oder den elektrostatischen Haltemitteln 90 kann Strom zugeführt werden.

[00193] Infolgedessen wird das erste Substrat 12 an seinem Randabschnitt am Randabschnitt der ersten Haltefläche 46 fixiert, und das zweite Substrat 14 wird an seinem Randabschnitt am Randabschnitt der zweiten Haltefläche 48 fixiert.

[00194] Bevor oder während die Substrate 12, 14 in die Bondvorrichtung 10 eingelegt werden, können Eigenschaften der Substrate 12, 14 gemessen und der Steuereinheit 32 zur Verfügung gestellt werden.

[00195] Dies kann durch Eingabe der gemessenen Eigenschaften über die Benutzerschnittstelle 88 in die Steuereinheit 32 oder durch Speichern der gemessenen Eigenschaften in der Datenbank erfolgen.

[00196] Zu den Eigenschaften der Substrate 12, 14 können mechanische Eigenschaften wie die Nenngroße und/oder der Nenndurchmesser des jeweiligen Substrats 12, 14, die Ist-Größe und/oder der Ist-Durchmesser des jeweiligen Substrats 12, 14 und die Steifigkeit des jeweiligen Substrats 12, 14 gehören. Des Weiteren können zu den Eigenschaften des Substrats 12, 14 auch umweltbedingte Eigenschaften, wie die Temperatur des jeweiligen Substrats 12, 14, gehören.

[00197] Entsprechend wenigstens einer der gemessenen Eigenschaften steuert die Steuereinheit 32 die Druckquelle 36 und/oder die Druckregler 38, 40 an, um Gas, zum Beispiel Druckluft oder Stickstoff, mit einem ersten Gasdruck am ersten Druckanschluss 50 und Gas, zum Beispiel Druckluft oder Stickstoff, mit einem zweiten Gasdruck am zweiten Druckanschluss 52 bereitzustellen. Die Drücke werden beispielsweise gleichzeitig angelegt. Die Gasströmung ist in den Figuren 3d, 3e und 3f durch Pfeile veranschaulicht.

[00198] Die Messungen des Temperatursensors 60, insbesondere des Chuck- Temperatursensors 63, können von der Steuereinheit 32 zur Bestimmung des ersten und des zweiten Gasdrucks verwendet werden.

[00199] Beispielsweise wird der erste Gasdruck des Gases am ersten Druckanschluss 50 anhand der Eigenschaften des ersten Substrats 12 bestimmt, und der zweite Gasdruck des Gases am zweiten Druckanschluss 52 wird auf der Grundlage der Eigenschaften des zweiten Substrats 14 gewählt.

[00200] Natürlich können die Eigenschaften beider Substrate 12, 14 zur Bestimmung des ersten Gasdrucks und des zweiten Gasdrucks herangezogen werden.

[00201] Der erste Gasdruck und der zweite Gasdruck können daher unterschiedlich sein und sind es höchstwahrscheinlich auch, was bedeutet, dass die Steuereinheit 32 den ersten Gasdruckregler 38 und den zweiten Gasdruckregler 40 unabhängig voneinander steuert.

[00202] Damit der Temperaturunterschied zwischen dem ersten Chuck 24 und dem zweiten Chuck 26 und damit dem ersten Substrat 12 und dem zweiten Substrat 14 nicht größer wird, wird das an den ersten Druckanschluss 50 und den zweiten Druckanschluss 52 angelegte Gas unter Verwendung der Gastemperiervorrichtung 34 ebenfalls thermisch ausgeglichen, d.h. das Gas wird temperiert, bevor es den entsprechenden Druckanschluss 50, 52 erreicht.

[00203] Dies kann in einer Bondvorrichtung 10 gemäß der ersten Ausführungsform über das Temperiermaterial 65 erfolgen, durch das das zum ersten Druckanschluss 50 geleitete Gas und das zum zweiten Druckanschluss 52 geleitete Gas geführt wird. Da der zum ersten Druckanschluss 50 geleitete Gasstrom und der zum zweiten Druckanschluss 52 geleitete Gasstrom dasselbe Temperiermaterial 65 durchströmen, das von dem Temperiermodul 64 auf einer konstanten Temperatur gehalten wird, haben beide Gasströme die gleiche Temperatur.

[00204] Als Alternative oder zusätzlich wird in einer Bondvorrichtung 10 gemäß der zweiten Ausführungsform das Gas zur Temperierung durch die Chucks 24, 26 geleitet. Wegen des langen Weges, den das Gas durch die Chucks 24, 26 zurückzulegen hat, insbesondere aufgrund des Temperierabschnitts 92 des Zufuhrkanals 62, nimmt das Gas die Temperatur des jeweiligen Chucks 24, 26 an. Da die Temperaturen der Chucks 24, 26 ausgeglichen sind, wird auch das zum ersten und zum zweiten Druckanschluss 50, 52 geleitete Gas thermisch ausgeglichen und somit temperiert.

[00205] Die Temperatur des Gases an den Druckanschlüssen 50, 52 kann auch mittels des Temperatursensors 60 gemessen werden.

[00206] Die Temperierung und/oder die Angleichung der Temperaturen, d.h. der Betrieb der Gastemperiervorrichtung 34 und der Chuck-Temperiervorrichtung 30, dauert wenigstens so lange an, bis die Substrate 12, 14 auf die Chucks 24, 26 aufgelegt sind, beispielsweise bis die Substrate einen anfänglichen Kontakt und/oder eine anfängliche Bondung hergestellt haben. Bevorzugter wird das Angleichen und Temperieren so lange fortgesetzt, bis die Substrate 12, 14 vollständig gebondet sind.

[00207] Wie in Figur 3d zu sehen ist, werden die Substrate 12, 14 über den jeweiligen Druckanschlüssen 50, 52 zueinander hin ausgelenkt. Der Betrag der Auslenkung, d.h. der Verdrängung, hängt vom ersten Gasdruck bzw. vom zweiten Gasdruck ab.

[00208] Die Bereiche, die senkrecht oberhalb bzw. unterhalb der Druckanschlüsse 50, 52 liegen, bilden Kontaktabschnitte 96 des Substrats und werden der größten Auslenkung unterzogen.

[00209] Da die Druckanschlüsse 50, 52 miteinander fluchten, fluchten auch die Kontaktabschnitte 96 miteinander.

[00210] Insbesondere werden der erste und der zweite Gasdruck so gewählt, dass die Auslenkung bzw. Durchbiegung der Substrate 12, 14 gleich ist und/oder die Kontaktabschnitte 96 kongruent sind.

[00211] Gleichzeitig mit oder vorzugsweise nach dem Anlegen des ersten und des zweiten Gasdrucks werden das erste Stützelement 68 und das zweite Stützelement 70 vertikal so verschoben, dass sie über die entsprechende Haltefläche 46, 48 vorstehen, d.h. sie werden in ihre ausgefahrene Position bewegt.

[00212] Die Stützelemente 68, 70 werden verfahren, bis sie das entsprechende ausgelenkte Substrat 12, 14, genauer gesagt den Kontaktabschnitt 96 des entsprechenden Substrats 12, 14, berühren.

[00213] Der Stellantrieb 72, 74 oder ein geeigneter Sensor kann den Betrag feststellen, um den die Stützelemente 68, 70 verschoben wurden, so dass der Betrag der Auslenkung des jeweiligen Kontaktabschnitts 96 gemessen werden kann. Die Auslenkungsbeträge können für das erste und das zweite Substrat 12, 14 unterschiedlich sein.

[00214] Anhand der Messung der Auslenkung kann der erste und/oder der zweite Gasdruck von der Steuereinheit 32 eingestellt werden. Auf diese Weise kann eine Regelung erreicht werden.

[00215] Im nächsten Schritt, der in Figur 3e gezeigt ist, werden die Chucks 24, 26 aufeinander zu bewegt, indem entweder nur ein Chuck oder beide Chucks verfahren werden, bis die Kontaktabschnitte 96 miteinander in Berührung kommen, d.h. bis ein Anfangskontakt hergestellt worden ist.

[00216] Es sollte klar sein, dass Kontakt nicht unbedingt bedeutet, dass die Substrate aneinander haften, d.h. der Anfangskontakt und das anfängliche Bonden erfolgen zu unterschiedlichen Zeitpunkten.

[00217] Kurz vor, bei oder nach dem anfänglichen Kontakt zwischen den Substraten 12, 14 werden ein oder beide Stützelemente 68 vom entsprechenden Stellantrieb 72, 74 so betätigt, dass ein mechanischer Druck auf das jeweilige Substrat 12, 14 aufgebracht wird.

[00218] Durch Aufbringen eines zusätzlichen mechanischen Drucks zusätzlich zum Gasdruck wird sichergestellt, dass die Substrate 12, 14 an der Stelle zwischen den Stützelementen 68, 70 zu haften beginnen, die vorzugsweise die Mitte der Substrate 12, 14 ist. Der mechanische Druck übersteigt den jeweiligen Gasdruck.

[00219] Es ist natürlich denkbar, dass nur eines der Stützelemente 68, 70 betätigt wird und das andere Stützelement 70, 68 arretiert ist, jedoch das jeweilige Substrat berührt.

[00220] Es sei angemerkt, dass beispielsweise der von den Stützelementen 68, 70 aufgebrachte mechanische Druck nicht zu einer weiteren Auslenkung führt, sondern nur der Sicherstellung einer anfänglichen Bondung dient. Die Auslenkung wird allein durch den Gasdruck bewirkt.

[00221] Sobald die Substrate 12, 14 anfänglich gebondet sind, bildet sich eine sogenannte Bondwelle oder Bondfront. Die Substrate 12, 14 haben an der Bondwelle einen Auftreffwinkel α , wie in dem vergrößerten Ausschnitt von Figur 3e zu sehen ist.

[00222] Der Auftreffwinkel α erstreckt sich auf beiden Seiten einer Ebene P, die von den bereits gebondeten Bereichen des Substrats 12, 14 definiert ist. Diese Ebene P wird im Kontext der vorliegenden Erfindung als endgültige flache Ebene bezeichnet.

[00223] Die Chucks 24, 26 werden weiter aufeinander zu bewegt, während die Steuereinheit 32 den ersten Gasdruck und den zweiten Gasdruck so steuert, dass der Auftreffwinkel α zwischen dem ersten Substrat 12 und dem zweiten Substrat 14 zwischen $0,1^\circ$ und $1,5^\circ$, insbesondere zwischen $0,4^\circ$ und $0,8^\circ$ gehalten wird. Insbesondere wird der Auftreffwinkel α konstantgehalten.

[00224] Ferner steuert die Steuereinheit 32 den ersten Gasdruck unterschiedlich zum zweiten Gasdruck, so dass der Auftreffwinkel α von der endgültigen flachen Ebene P gleichmäßig aufgeteilt wird.

[00225] In dem Maße, wie sich die Chucks bewegen, breitet sich auch die Bondwelle radial nach außen aus, und somit verschiebt sich der Auftreffwinkel radial nach außen (siehe Fig. 3f).

[00226] Die Steuereinheit 32 kann natürlich so programmierbar sein, dass sie die Werte des ersten und/oder des zweiten Gasdrucks während des Ausbreitungsvorgangs ändert.

[00227] Die Stützelemente 68, 70 werden vom Stellantrieb 72, 74 in die eingezogene Position zurückgezogen, nachdem das anfängliche Bonden erfolgt ist, aber bevor die Substrate 12, 14 in vollständigem Kontakt miteinander sind.

[00228] Die Verschiebung der Chucks 24, 26 und die Regelung der Gasdrücke werden fortgesetzt, bis die Substrate 12, 14 nahezu vollständig miteinander in Kontakt sind. Die Verschiebung der Chucks 24, 26 wird dann angehalten, aber die Bondwelle breitet sich weiter aus, bis die Substrate 12, 14 vollständig gebondet sind (Figur 3g).

[00229] Der Abstand zwischen den Chucks 24, 26 beträgt beispielsweise dann, wenn die Bewegung angehalten wird, weniger als das Fünffache der Dicke der Substrate 12, 14.

[00230] Das Bonden ist dann abgeschlossen. Die Chucks 24, 26 können somit dann voneinander wegbewegt, die Haltemittel 54 deaktiviert, die Gaszufuhr angehalten und die gebondeten Substrate 12, 14 aus der Bondvorrichtung 10 entfernt werden.

[00231] Aufgrund der Verwendung der Stützelemente 68, 70 kann sichergestellt werden, dass die Stelle, an der die Substrate 12, 14 zu Beginn aneinander kleben, an der gewünschten Stelle liegt, d.h. in der Mitte der Substrate 12, 14.

[00232] Durch das thermische Gleichgewicht zwischen den Chucks 24, 26 und damit den Substraten 12, 14 können ferner Verzerrungen aufgrund einer thermischen Ausdehnung ebenfalls beseitigt werden.

[00233] Zudem kann durch die differenzielle Steuerung des ersten Drucks unabhängig vom zweiten Gasdruck der Auftreffwinkel beliebig und symmetrisch um die Ebene P gehalten werden. Jeder Faktor und insbesondere alle drei Faktoren führen zu einer hochpräzisen Bondung des ersten Substrats 12 an das zweite Substrat 14.

Patentansprüche

1. Bondvorrichtung zum Bonden von Substraten, mit einem ersten Chuck (24), einem zweiten Chuck (26), einem ersten Gasdruckregler (38), einem verschiebbaren ersten Stützelement (68) und einem ersten Stellantrieb (72) für das erste Stützelement (68),
wobei der erste Chuck (24) eine erste Haltefläche (46) zum Halten eines ersten Substrats (12) umfasst, wobei die erste Haltefläche (46) einen ersten Druckanschluss (50) aufweist, der in Strömungsverbindung mit dem ersten Gasdruckregler (38) steht,
wobei das erste Stützelement (68) zumindest teilweise innerhalb des ersten Druckanschlusses (50) verschiebbar so angebracht ist, dass der erste Stellantrieb (72) in der Lage ist, das erste Stützelement (68) zwischen einer eingezogenen Position, in der das erste Stützelement (68) nicht über die erste Haltefläche (46) vorsteht, und einer ausgefahrenen Position zu bewegen, in der das erste Stützelement (68) in Richtung auf den zweiten Chuck (26) über die erste Haltefläche (48) vorsteht.
2. Bondvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bondvorrichtung (10) einen zweiten Gasdruckregler (40), ein zweites Stützelement (70) und einen zweiten Stellantrieb (74) für das zweite Stützelement (70) umfasst,
wobei der zweite Chuck (26) eine zweite Haltefläche (48) zum Halten eines zweiten Substrats (14) umfasst, wobei die zweite Haltefläche (48) einen zweiten Druckanschluss (52) aufweist, der in Strömungsverbindung mit dem zweiten Gasdruckregler (40) steht,
wobei das zweite Stützelement (70) zumindest teilweise innerhalb des zweiten Druckanschlusses (52) verschiebbar so angebracht ist, dass der zweite Stellantrieb (74) in der Lage ist, das zweite Stützelement (70) zwischen einer eingezogenen Position, in der das zweite Stützelement (70) nicht über die zweite Haltefläche (48) vorsteht, und einer ausgefahrenen Position zu bewegen, in der das zweite Stützelement (70) in Richtung auf den ersten Chuck (24) über die zweite Haltefläche (48) vorsteht.
3. Bondvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bondvorrichtung (10) eine Steuereinheit (32) umfasst, die elektrisch und/oder drahtlos mit dem ersten Gasdruckregler (38) und dem ersten Stellantrieb (72) und/oder mit dem zweiten Gasdruckregler (40) und dem zweiten Stellantrieb (74) verbunden ist, wobei die Steuereinheit (32) so eingerichtet ist, dass sie den ersten Gasdruckregler (38) so steuert, dass dem ersten Druckanschluss (50) Gas mit einem ersten Gasdruck zugeführt wird, und so eingerichtet ist, dass sie die Bewegung des ersten Stützelements (68) über den ersten Stellantrieb (72) steuert, und/oder wobei die Steuereinheit (32) so eingerichtet ist, dass sie den zweiten Gasdruckregler (40) so steuert, dass dem zweiten Druckanschluss (52) Gas mit einem zweiten Gasdruck zugeführt wird, und so eingerichtet ist, dass sie die Bewegung des zweiten Stützelements (70) über den zweiten Stellantrieb (74) steuert.
4. Bondvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Chuck (24) und/oder der zweite Chuck (26) eine Öffnung (58) aufweist/aufweisen, die sich von der jeweiligen Haltefläche (46, 48) aus erstreckt, insbesondere vollständig durch den jeweiligen Chuck (24, 26) hindurch verläuft, wobei ein an die jeweilige Haltefläche (46, 48) angrenzender Abschnitt der Öffnung (58) der jeweilige Druckanschluss (50, 52) ist, insbesondere wobei das jeweilige Stützelement (68, 70) in der Öffnung (58) angebracht ist und ein Zufuhrkanal (62) vorgesehen ist, der sich von dem den Druckanschluss (50, 52) bildenden Abschnitt zu einer rückwärtigen Fläche oder einer Umfangsfläche des jeweiligen Chucks (24, 26) erstreckt.
5. Verfahren zum Bonden eines ersten Substrats (12) an ein zweites Substrat (14) unter Verwendung einer Bondvorrichtung (10), beispielsweise einer Bondvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einem ersten Chuck (24) mit einem ersten Druckanschluss (50) und einem ersten Stützelement (68) und einem zweiten Chuck (26), wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- a) das erste Substrat (12) wird auf den ersten Chuck (24) gelegt, wobei der erste Druckanschluss (50) abgedeckt wird, und der Randabschnitt des ersten Substrats (12) wird am ersten Chuck (24) fixiert,
 - b) das zweite Substrat (14) wird auf den zweiten Chuck (26) gelegt und das zweite Substrat (14) wird am zweiten Chuck (26) fixiert,
 - c) dem ersten Druckanschluss (50) wird Gas mit einem ersten Gasdruck zugeführt, so dass das erste Substrat (12) in Richtung auf das zweite Substrat (14) ausgelenkt wird,
 - d) das erste Stützelement (68) wird in eine ausgefahrene Position bewegt, in der das erste Stützelement (68) in Richtung auf den zweiten Chuck (26) über den ersten Chuck (24) hervorsteht, und
 - e) der erste Chuck (24) und der zweite Chuck (26) werden relativ zueinander aufeinander zu bewegt, zumindest bis das erste Substrat (12) und das zweite Substrat (14) miteinander in Kontakt sind.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
- a) einem zweiten Druckanschluss (52) des zweiten Chucks (26) wird Gas mit einem zweiten Gasdruck zugeführt, so dass das zweite Substrat (14) in Richtung auf das erste Substrat (12) ausgelenkt wird, und
 - b) ein zweites Stützelement (70) wird in eine ausgefahrene Position bewegt, in der das zweite Stützelement (70) in Richtung auf den ersten Chuck (24) über den zweiten Chuck (26) vorsteht.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Stützelement (68) und/oder das zweite Stützelement (70) bewegt wird/werden, bis es/sie das ausgelenkte erste Substrat (12) bzw. das ausgelenkte zweite Substrat (14) berührt/berühren, wobei der Betrag der Auslenkung des jeweiligen Substrats (12, 14) anhand der Position des Stützelements (68, 70) gemessen wird, insbesondere wobei der jeweilige Gasdruck anhand des gemessenen Betrags der Auslenkung des jeweiligen Substrats (12, 14) eingestellt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass insbesondere nach dem anfänglichen Kontakt der Substrate (12, 14) das erste Stützelement (68) so betätigt wird, dass es einen zusätzlichen mechanischen Druck auf das erste Substrat (12) aufbringt, und/oder dass insbesondere nach dem anfänglichen Kontakt der Substrate (12, 14) das zweite Stützelement (70) so betätigt wird, dass es einen zusätzlichen mechanischen Druck auf das zweite Substrat (14) aufbringt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Stützelement (68) und/oder das zweite Stützelement (70) eingezogen wird, insbesondere in eine eingezogene Position, nachdem der mechanische Druck aufgebracht worden ist, aber bevor die Substrate (12, 14) vollständig miteinander in Kontakt sind.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Gasdruck und der zweite Gasdruck während der Bewegung der Chucks (24, 26) so gesteuert werden, dass der Auftreffwinkel (α) zwischen dem ersten Substrat (12) und dem zweiten Substrat (14) nach dem anfänglichen Kontakt zwischen $0,1^\circ$ und $1,5^\circ$, insbesondere zwischen $0,4^\circ$ und $0,8^\circ$, gehalten wird, und/oder so, dass der Auftreffwinkel (α) von der endgültigen flachen Ebene (P) zwischen den Substraten (12, 14) gleichmäßig aufgeteilt wird.
11. Bondvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einem ersten Chuck (24), einer ersten Tragstruktur (20), einem zweiten Chuck (26) und einer zweiten Tragstruktur (22),
wobei der erste Chuck (24) so an der ersten Tragstruktur (20) angebracht ist, dass der erste Chuck (24) von der ersten Tragstruktur (20) thermisch isoliert ist, und
wobei der zweite Chuck (26) so an der zweiten Tragstruktur (22) angebracht ist, dass der zweite Chuck (26) von der zweiten Tragstruktur (22) thermisch isoliert ist.
12. Bondvorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Chuck (24) und/oder der zweite Chuck (26) mittels Montageelementen (42) an der jeweiligen Tragstruktur

tur (20, 22) befestigt ist/sind, wobei der erste Chuck (24) und/oder der zweite Chuck (26) von der jeweiligen Tragstruktur (20, 22) beabstandet ist/sind.

13. Bondvorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bondvorrichtung (10) wenigstens eine Chuck-Temperiervorrichtung (30) umfasst, die dazu eingerichtet ist, die Temperaturen des ersten Chucks (24) und des zweiten Chucks (26) auszugleichen, insbesondere wobei der erste Chuck (24) und der zweite Chuck (26) jeweils wenigstens einen Temperierkanal (78) umfassen, wobei die Chuck-Temperiervorrichtung (30) einen Temperierkreislauf (80) umfasst, der den wenigstens einen Temperierkanal (78) des ersten Chucks (24) und den wenigstens einen Temperierkanal des zweiten Chucks (26) im selben Temperierkreislauf (80) enthält.
14. Bondvorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Chuck (24) und/oder der zweite Chuck (26) ein Heizelement (94) umfasst/umfassen, insbesondere ein Heizelement mit Regelkreis.
15. Bondvorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bondvorrichtung (10) eine Gastemperiervorrichtung (34) umfasst,
 - wobei der erste Chuck (24) eine erste Haltefläche (46) zum Halten eines ersten Substrats (12) umfasst, wobei die erste Haltefläche (46) einen ersten Druckanschluss (50) aufweist, der mit der Gastemperiervorrichtung (34) in Strömungsverbindung steht,
 - wobei der zweite Chuck (26) eine zweite Haltefläche (48) zum Halten eines zweiten Substrats (14) umfasst, wobei die zweite Haltefläche (48) einen zweiten Druckanschluss (52) aufweist, der mit der Gastemperiervorrichtung (34) in Strömungsverbindung steht.
16. Bondvorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gastemperiervorrichtung (34) ein Temperiermaterial (65) mit wenigstens einem Kanal (66) umfasst, wobei der wenigstens eine Kanal (66) mit dem ersten Druckanschluss (50) und/oder dem zweiten Druckanschluss (52) in Strömungsverbindung steht.
17. Bondvorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Chuck (24) und/oder der zweite Chuck (26) einen Temperatursensor (60) umfasst/umfassen, der dem jeweiligen Druckanschluss (50, 52) des entsprechenden Chucks (24, 26) zugeordnet ist.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 10, zum Bonden eines ersten Substrats (12) an ein zweites Substrat (14) unter Verwendung einer Bondvorrichtung (10), beispielsweise einer Bondvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 oder 11 bis 17, mit einem ersten Chuck (24) und einem zweiten Chuck (26), wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
 - a) die Temperaturen des ersten Chucks (24) und des zweiten Chucks (26) werden ausgeglichen,
 - b) das erste Substrat (12) wird auf den ersten Chuck (24) gelegt und das erste Substrat (12) wird am ersten Chuck (24) fixiert,
 - c) das zweite Substrat (14) wird auf den zweiten Chuck (26) gelegt und das zweite Substrat (14) wird am zweiten Chuck (26) fixiert, und
 - d) der erste Chuck (24) und der zweite Chuck (26) werden relativ zueinander aufeinander zu bewegt, zumindest bis das erste Substrat (12) und das zweite Substrat (14) miteinander in Kontakt sind.
19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Chuck (24) und der zweite Chuck (26) aufeinander zu bewegt werden, bis die Chucks (24, 26) einander unmittelbar berühren, insbesondere wobei die Chucks (24, 26) zumindest so lange in Kontakt gehalten werden, bis ihre Temperaturen ausgeglichen sind.
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperaturen des ersten Chucks (24) und des zweiten Chucks (26) mittels einer Chuck-Temperiervorrichtung (30) ausgeglichen werden.

21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ausgleichen durch Umwälzung eines Temperierfluids (82) durch wenigstens einen Temperierkanal (78) des ersten Chucks (24) und wenigstens einen Temperierkanal (78) des zweiten Chucks (26) unter Verwendung desselben Temperierkreislaufs (80) der Chuck-Temperiervorrichtung (30) erfolgt.
22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ausgleichen durch Erwärmen des ersten Chucks (24) und/oder des zweiten Chucks (26) mittels eines Heizelements (94) der Chuck-Temperiervorrichtung (30), insbesondere eines Heizelements mit Regelkreis, im jeweiligen Chuck (24, 26) erfolgt.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Chuck (24) einen ersten Druckanschluss (50) umfasst und/oder der zweite Chuck (26) einen zweiten Druckanschluss (52) umfasst, wobei dem ersten Druckanschluss (50) Gas mit einem ersten Gasdruck zugeführt wird und/oder dem zweiten Druckanschluss (52) Gas mit einem zweiten Gasdruck zugeführt wird, so dass die Substrate (12, 14) zueinander hin ausgelenkt werden.
24. Verfahren nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gas vor Erreichen des entsprechenden Druckanschlusses (50, 52) temperiert wird, insbesondere durch Kontakt mit dem entsprechenden Chuck (24, 26).
25. Verfahren nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gas von einer Gastemperiervorrichtung (34) temperiert wird, wobei das zum ersten Druckanschluss (50) und zum zweiten Druckanschluss (52) geleitete Gas ein gemeinsames Gastemperiermaterial (65) der Gastemperiervorrichtung (34) durchläuft, insbesondere wobei die Temperatur des gemeinsamen Gastemperiermaterials (65) gesteuert wird.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bondvorrichtung (10) wenigstens zwei Gastemperatursensoren (61) umfasst, wobei die Gastemperatursensoren (61) jeweils dem ersten Druckanschluss (50) bzw. dem zweiten Druckanschluss (52) zugeordnet sind, wobei die Gastemperatursensoren (61) die Temperatur des dem jeweils zugeordneten Druckanschluss (50, 52) zugeleiteten Gases messen.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bondvorrichtung (10) wenigstens zwei Chuck-Temperatursensoren (63) umfasst, wobei die Chuck-Temperatursensoren (63) jeweils dem ersten Chuck (24) bzw. dem zweiten Chuck (26) zugeordnet sind, wobei die Chuck-Temperatursensoren (63) die Temperatur des jeweiligen Chucks (24, 26) messen.
28. Verfahren nach Anspruch 26 und 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Gasdruck und der zweite Gasdruck auf der Grundlage der gemessenen Temperatur des zum ersten Druckanschluss (50) geleiteten Gases, des zum zweiten Druckanschluss (52) geleiteten Gases, der gemessenen Temperatur des ersten Chucks (24), der gemessenen Temperatur des zweiten Chucks (26) oder einer Kombination aus beliebigen der Temperaturen gesteuert werden.
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 bis 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Gasdruck und der zweite Gasdruck während der Bewegung der Chucks (24, 26) so gesteuert werden, dass der Auftreffwinkel (α) zwischen dem ersten Substrat (12) und dem zweiten Substrat (14) nach dem anfänglichen Kontakt zwischen $0,1^\circ$ und $1,5^\circ$, insbesondere zwischen $0,4^\circ$ und $0,8^\circ$, gehalten wird, und/oder so, dass der Auftreffwinkel (α) von der endgültigen flachen Ebene (P) der Substrate (12, 14) gleichmäßig aufgeteilt wird.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

1 / 5

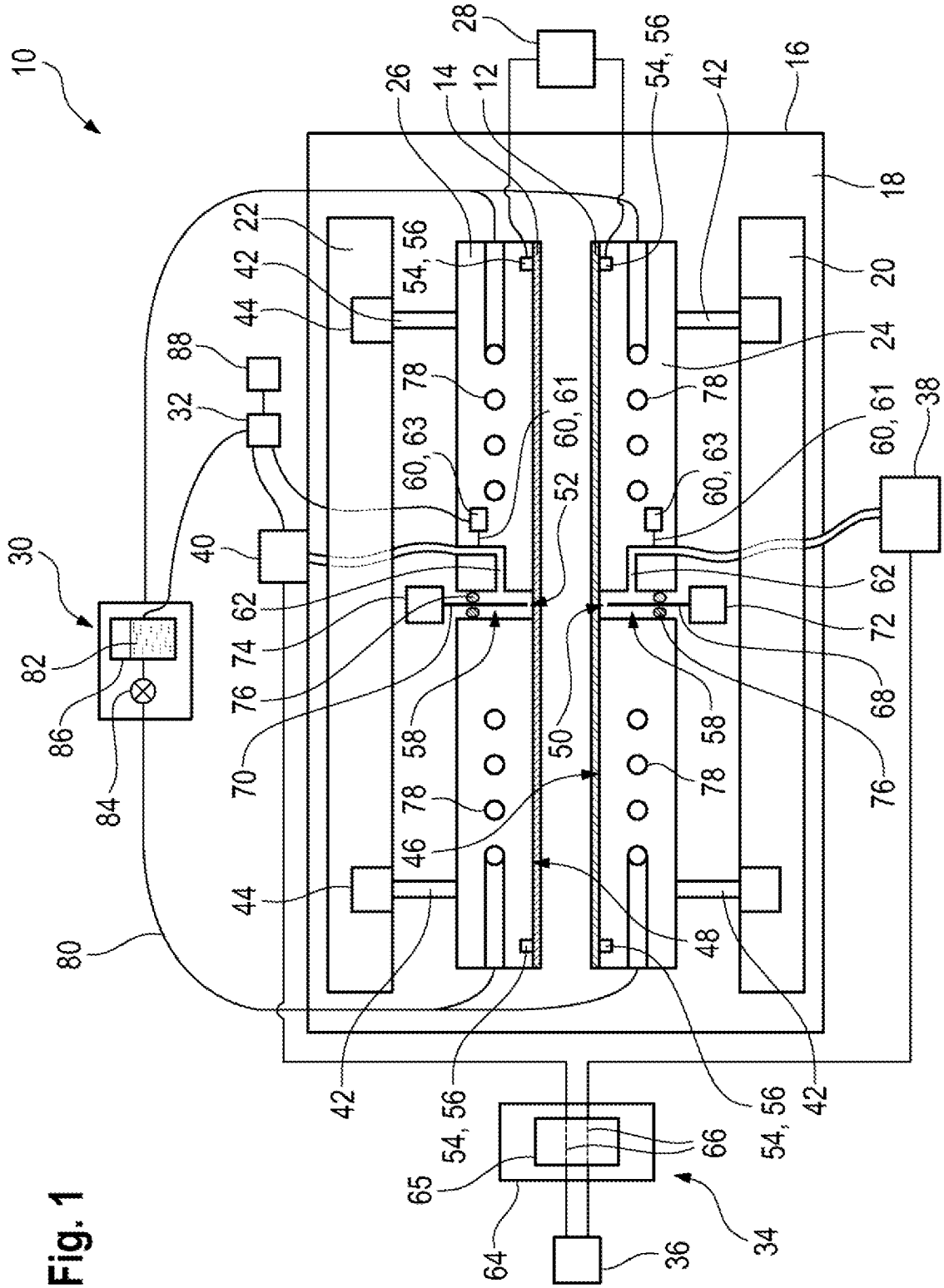
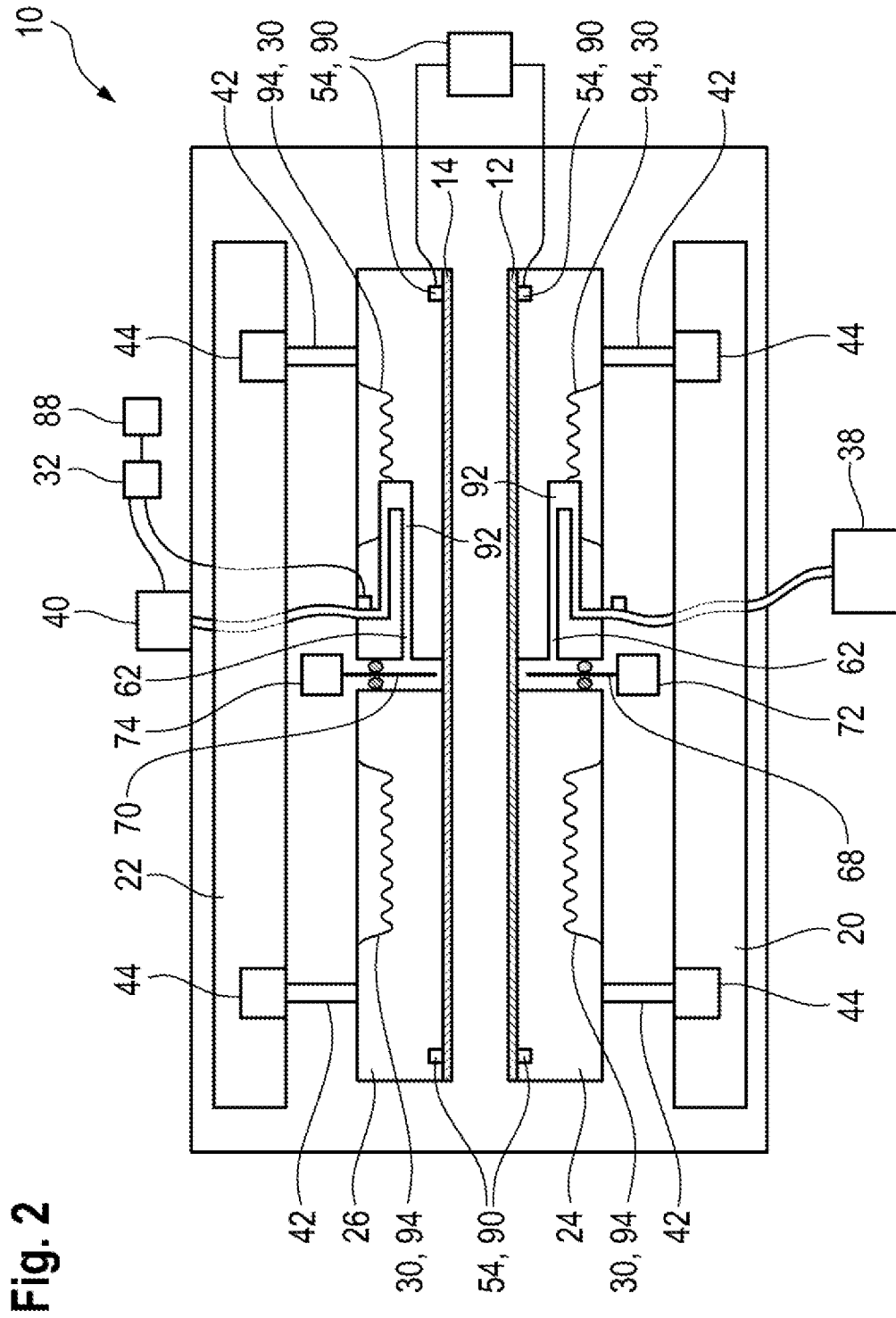


Fig. 1



3 / 5

Fig. 3a)

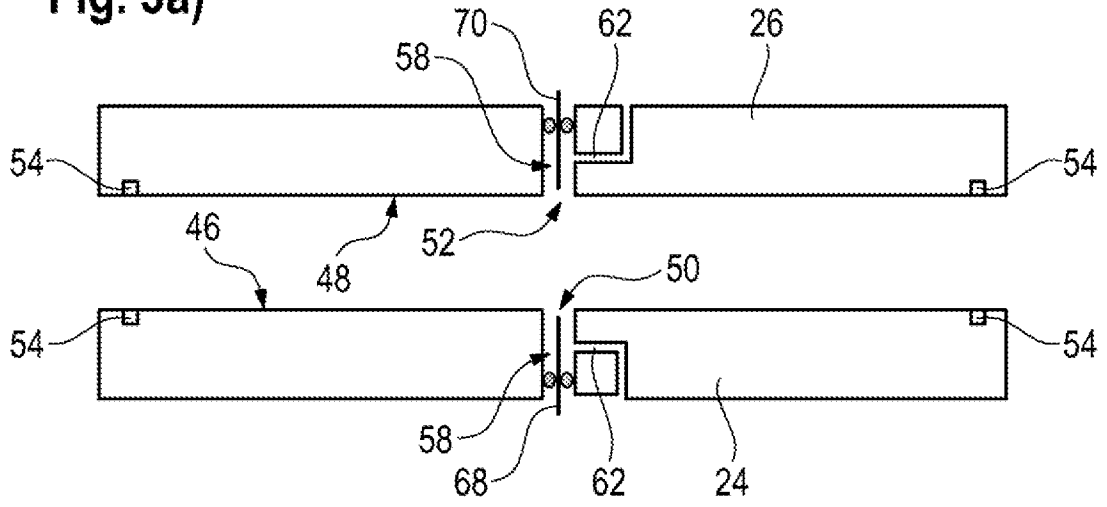


Fig. 3b)

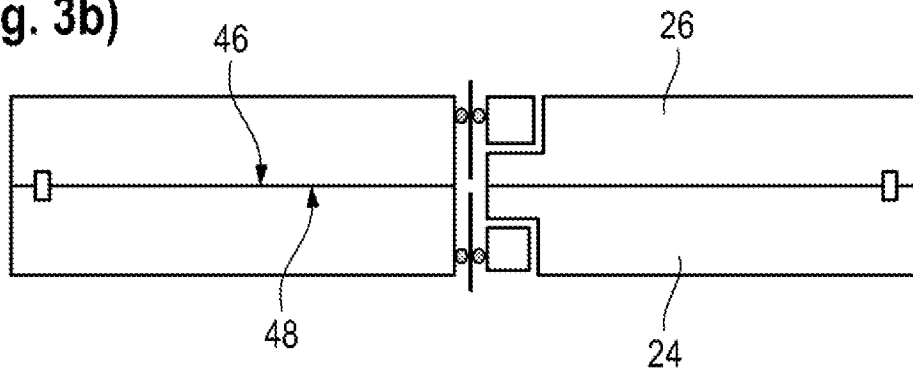
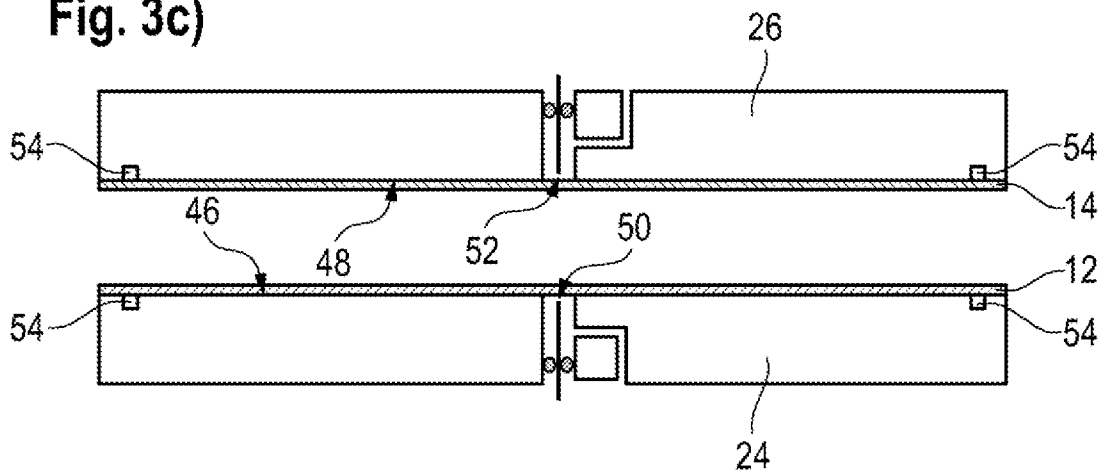


Fig. 3c)



4 / 5

Fig. 3d)

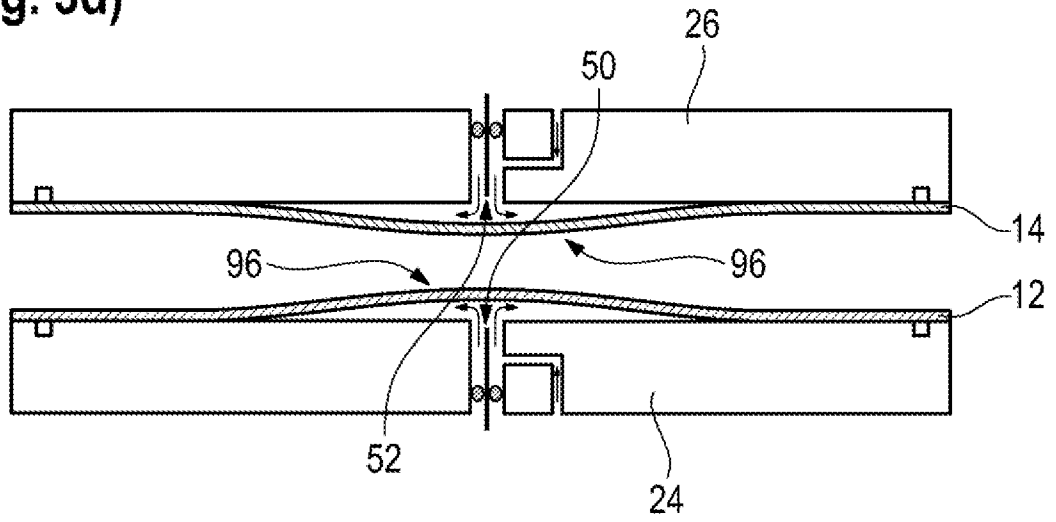
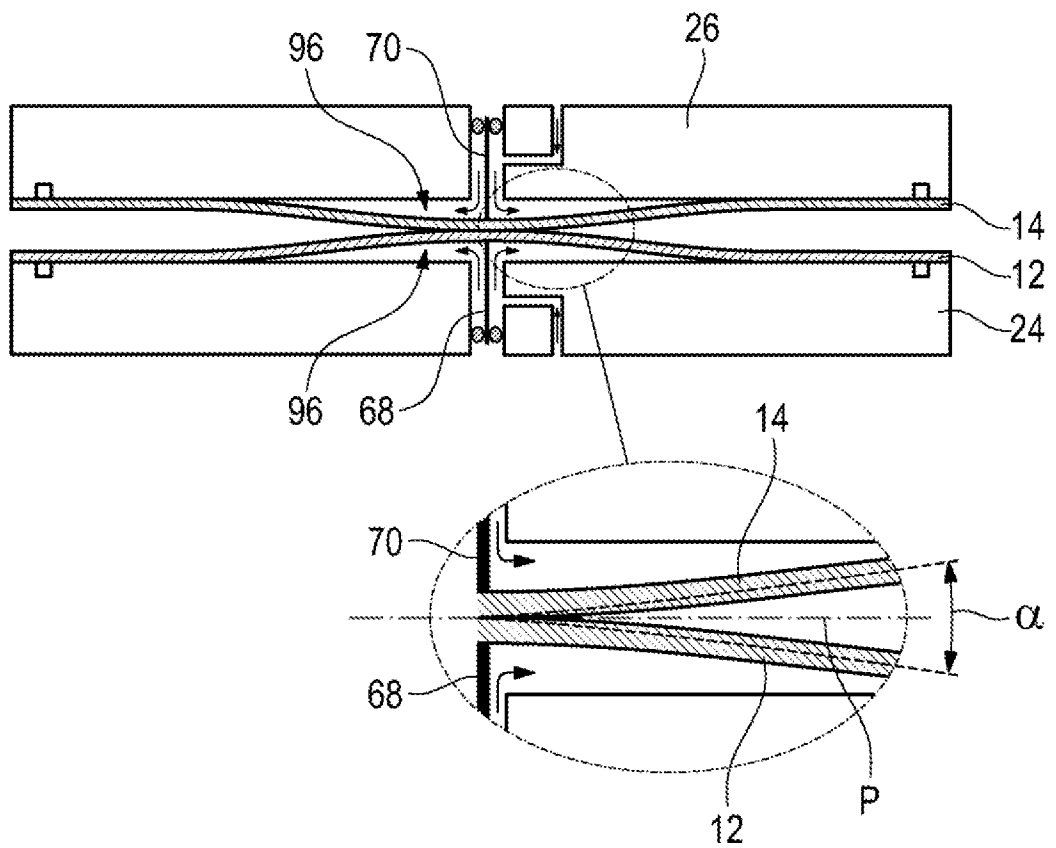


Fig. 3e)



5 / 5

Fig. 3f)

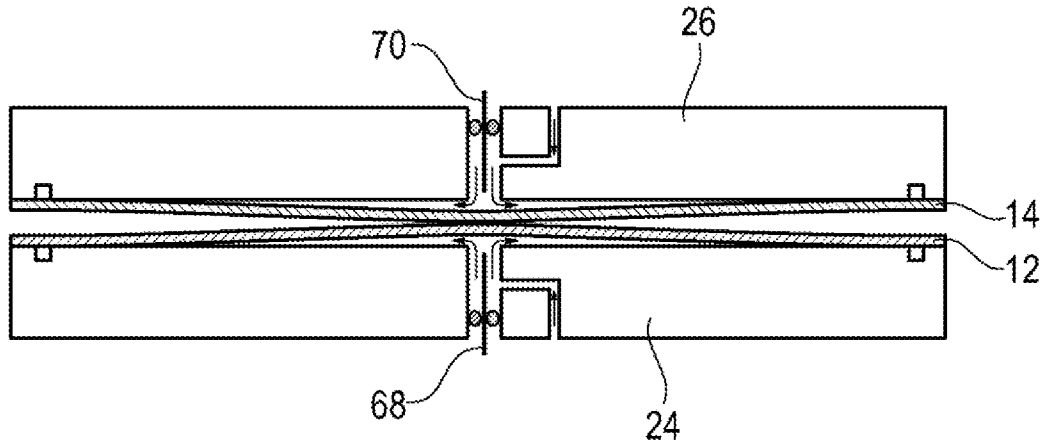


Fig. 3g)

