

(12)

Patentschrift

- (21) Anmeldenummer: A 212/2005 (51) Int. Cl.⁸: **H01L 21/58** (2006.01)
H01L 21/20 (2006.01)
(22) Anmeldetag: 2005-02-09
(43) Veröffentlicht am: 2007-10-15

- (30) Priorität:
13.02.2004 DE 102004007060
beansprucht.
(56) Entgegenhaltungen:
EP 1278245A1 EP 0886306A1
US 4962062A
PLÖSSL, A. ET A. "WAFER DIRECT
BONDING: TAILORING
ADHESION BETWEEN BRITTLE
MATERIALS"
MATERIALS SCIENCE
AND ENGINEERING, MÄRZ 1999,
VOL. R25, S. 1-88

- (73) Patentanmelder:
THALLNER ERICH
A-4782 ST. FLORIAN (AT)
(72) Erfinder:
THALLNER ERICH DIPL.ING.
ST. FLORIAN (AT)

(54) VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM VERBINDEN VON WAFERN

- (57) Bei der Erfindung handelt es sich um eine Vorrichtung und ein entsprechendes Verfahren zum Verbinden von Wafern entlang ihrer korrespondierenden Oberflächen, wobei zur Ermöglichung einer exakten Ausrichtung die Wafer zunächst temporär miteinander kontaktiert werden, bevor die Justierung der Wafer und deren Verbindung erfolgen.

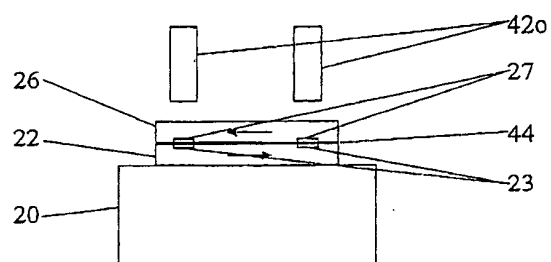


Fig. 2

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Verbinden von Wafern.

Verschiedene Schlüsseltechnologien wurden zur Verbindung von Wafern bzw. Waferoberflächen entwickelt und sind im Stand der Technik hinreichend bekannt. Dazu zählen:

- aligned wafer bonding / Ausrichtungs-Wafer-Bonden
- front-to-backside photolithography / Vorder- und Rückseiten Photolithographie
- customized resist coating

Die vorliegende Erfindung betrifft in erster Linie das Ausrichtungs-Wafer-Bonden, bei dem wiederum verschiedene Verfahren zum Einsatz kommen. Diese sind in der Literatur ebenfalls umfassend beschrieben. Hierunter fallen unter anderem:

- anodisches/elektrostatisches Bonden von Silikon auf Glas
- Niedrigtemperatur-Glass-frit-Bonden von Silikon auf Silikon
- Direkt-Wafer-Bonden (DWB) oder Fusionsbonden

Weitere Verfahren sind das eutektische Bonden, Epoxy-Bonden, Thermokompressions-Bonden und Glas-auf-Glas-Bonden.

Dabei bestehen die im Stand der Technik beschriebenen Verfahren zum Ausrichtungs-Wafer-Bonden immer aus den folgenden zwei getrennten und unterschiedlichen Schritten. Zunächst werden die beiden übereinander angeordneten Wafer mit Hilfe einer Ausrichtungseinrichtung mit einer Genauigkeit von $\pm 1 \mu\text{m}$ ausgerichtet, wobei sich die Oberflächen der beiden Wafer, die miteinander verbunden werden sollen, gegenüberliegen. Bei diesem ersten Schritt ist es notwendig, einen Separationsabstand zwischen den beiden zu verbindenden Oberflächen aufrechtzuerhalten. Dieser wird im Stand der Technik meist durch Abstandhalter verwirklicht, die am Umfang der Wafer verteilt sind, wobei eine möglichst kleine Oberfläche von diesen bedeckt wird. Um jedoch einen stabilen Halt zu gewährleisten, sind zumindest drei solche Abstandhalter notwendig.

Anschließend werden die beiden Wafer in einer Vakuumkammer unter Vakuum gesetzt, wonach mittels einer Computersteuerung die beiden vorher ausgerichteten Wafer in Kontakt gebracht und durch eines der oben beschriebenen Verfahren verbunden bzw. gebondet werden. Zum Kontaktieren werden die am Umfang angeordneten Abstandhalter gleichmäßig herausgezogen, damit die vorher ausgerichteten Spacer nicht mehr verrutschen.

Die bisher bekannten Verfahren zum Ausrichtungs-Wafer-Bonden weisen folglich zwei wesentliche Nachteile auf. Zum einen entstehen durch die Abstandhalter Lücken in der Kontaktfläche, auf der anderen Seite besteht beim Kontaktieren durch Herausziehen der Abstandhalter die Gefahr, dass die vorher genau positionierten Wafer relativ zueinander verrutschen.

Die EP 1 278 245 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verbindung von Halbleiterscheiben. Weitere Verfahren und Vorrichtungen sind in der EP 0 886 306 A1, der US 4962062 A sowie in Materials Science and Engineering, Ausgabe März 1999, Vol. R 25, Seiten 1-88, Plössl A. et al. beschrieben.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung vorzusehen, mit welchen scheibenförmige Teile, insbesondere Halbleiterscheiben exakt ausgerichtet und bestmöglich miteinander verbunden werden können.

Grundidee der Erfindung ist es, die Teile zunächst temporär miteinander zu verbinden. Dabei werden die Teile justiert. Anschließend erfolgt die endgültige Verbindung zu einem Verbundkörper.

Soweit im Zusammenhang mit der Erfindung von Wafer gesprochen wird, steht dies stellvertretend für jede Art eines zu justierenden flächigen Bauteils.

Die genannte Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zum Verbinden von Wafern an korrespondierenden Oberflächen der Wafer, gelöst, die folgende Merkmale aufweist:

- a. eine Einrichtung zum Aufbringen einer Schicht von Verbindungsmittel auf zumindest eine der Oberflächen der Wafer,
- b. eine erste Einrichtung zur Aufnahme und gegebenenfalls Ausrichtung eines ersten Wafers,
- c. eine zweite Einrichtung zur Aufnahme und Ausrichtung eines zweiten Wafers gegenüber dem ersten Wafer,
- d. eine Steuerungseinheit, die folgende Arbeitsschritte nacheinander bewirkt:
 - i. Aufbringen einer Schicht von Verbindungsmittel auf zumindest eine der korrespondierenden Oberflächen mittels der Einheit,
 - ii. Kontaktieren der korrespondierenden Oberflächen der Wafer mittels der Einrichtungen,
 - iii. Ausrichtung der Wafer durch Ausrichtungsmittel entlang den in Kontakt stehenden korrespondierenden Oberflächen der Wafer,
 - iv. Verbinden der korrespondierenden Oberflächen durch Aushärtung der Verbindungsmittel.

Die erste Einrichtung kann aus einer tischartigen Auflage bestehen, beispielsweise nach Art eines "Chuck". Der Tisch kann statisch oder drehbar ausgebildet sein. Der erste Wafer kann unmittelbar oder mittelbar auf der Auflage aufliegen.

Auf den zweiten Wafer und/oder den ersten Wafer wird eine Schicht von Verbindungsmittel aufgebracht, bevor der zweite Wafer mit dem ersten Wafer in Kontakt gebracht wird. Die Schicht kann sowohl als vollflächige Schicht oder als gemusterte Schicht auf den jeweiligen Wafer aufgebracht werden.

Als Verbindungsmittel kommen Kleber in Betracht, die je nach Substrat der Wafer ausgewählt werden und ausreichend viskos sein sollten, um eine Verschiebung der Wafer nach der Kontaktierung der korrespondierenden Oberflächen der Wafer zu ermöglichen. Gute Ergebnisse werden zum Beispiel mit UV-härtbaren Epoxy-Harz-Klebern erzielt.

Auf diese Art und Weise wird eine Vorrichtung geschaffen, die ohne Kontaktstifte auskommt, woraus folgt, dass keine Lücken auf den Kontaktflächen der korrespondierenden Oberflächen der Wafer entstehen. Weiterhin hat die erfindungsgemäße Vorrichtung den Vorteil, dass eine genaue Ausrichtung erst erfolgt, nachdem die korrespondierenden Oberflächen der Wafer in Kontakt gebracht wurden. Dadurch kann ein Verrutschen der Wafer nach der Ausrichtung durch die Ausrichtungsmittel ausgeschlossen werden. Es wird eine wesentlich genauere Ausrichtung der beiden Wafer erreicht, wodurch die Qualität der mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung hergestellten Wafer deutlich zunimmt.

Anders ausgedrückt: Entlang der korrespondierenden Oberflächen der zu verbindenden Teile (hier: Wafer) erfolgt eine vollflächige Verklebung oder eine musterartige Verklebung, wobei das Muster nicht durch Abdrücke von Stiften gestört wird.

Die Ausrichtungsmittel können eine Erfassungseinrichtung zur Erfassung der relativen Position der beiden auszurichtenden Wafer zueinander umfassen, wobei die Erfassungseinrichtung mittels einer ersten Wirkverbindung zwischen der Steuerungseinheit und den Erfassungseinrichtung Signale über die relative Position der Wafer zueinander an die Steuerungseinheit übermittelt.

Die Erfassungseinrichtung sorgt für die exakte Ausrichtung der Wafer, indem sie die relative

Position der Wafer erfasst, an die Steuerungseinheit weitergibt, welche dann eine Ausrichtung der Wafer zueinander bewirkt.

Die Erfassungseinrichtung kann kontaktlos, insbesondere optisch ausgestaltet sein. Beispielsweise wird durch die Erfassungseinrichtung mittels sichtbarem und/oder infrarotem Licht die relative Position der Wafer zueinander ermittelt. Dazu können an den Wafern integrierte Justiermarken angebracht sein. In einfachster Ausgestaltung können hierfür Punkte, Symbole oder Flächen auf den beiden Wafern in Übereinstimmung gebracht werden.

Eine noch exaktere Ausrichtung wird dadurch erreicht, dass die Justiermarken Skalenstriche sind, die auf den Wafern aufgebracht sind. Die Skalenstriche weisen eine vordefinierte Teilung auf, aus der die Erfassungseinrichtung die relative Position der Wafer zueinander ermitteln kann. Die Skalen können jedoch auch in jeder anderen Form aufgebracht sein, beispielsweise in Form von ineinandergeschachtelten Kreisen, nach Art einer Zielscheibe. Es sind auch farbige Bildpunkte mit einer bestimmten Anordnung als Justiermarken denkbar.

Zum Ausrichten der Wafer dienen mechanische Mittel, die den jeweiligen Wafer drehen und/oder verschieben, sobald entsprechende Signale von der Steuerungseinheit vorliegen, wie in Anspruch 4 präzisiert.

Die zu verbindenden Teile können zum Beispiel aus Glas oder Silizium bestehen.

Ein zugehöriges Verfahren zum Verbinden von zwei Wafern an zwei korrespondierenden Oberflächen der Wafer weist folgende Schritte auf:

- a. Aufbringen eines Verbindungsmittels auf zumindest eine der beiden korrespondierenden Oberflächen,
- b. Kontaktierung der Wafer an den korrespondierenden Oberflächen,
- c. Ausrichtung der Wafer durch Verschiebemittel entlang den in Kontakt stehenden korrespondierenden Oberflächen der Wafer, indem Ausrichtungsmittel in Übereinstimmung gebracht werden.
- d. Verbindung der Wafer

Bei diesem Verfahren können die Wafer optisch ausgerichtet werden. Dazu dient eine entsprechende optische Messeinheit. Die Mittel zum Ausrichten (Justieren) können zumindest teilweise in die zu justierenden Teile integriert sein. Mindestens eine Justiermarke an jedem Justierteil ist notwendig. Beim Verfahrensschritt B können die Wafer bereits grob anhand der Waferkanten ausgerichtet werden. Die Ausrichtung durch die Verschiebemittel entlang den in Kontakt stehenden korrespondierenden Oberflächen der Wafer kann durch Rotation und/oder Verschiebung in X-Y-Richtung erfolgen.

Bezüglich weiterer Ausführungsformen zu den einzelnen Verfahrensschritten wird auf die vorstehenden Erläuterungen im Zusammenhang mit der Vorrichtung sowie die nachstehende Figurenbeschreibung Bezug genommen.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der Unteransprüche sowie den sonstigen Anmeldungsunterlagen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die darin beschriebenen Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung von Bedeutung sein. Dies gilt auch für die Merkmale, die vorstehend zur Beschreibung der Vorrichtung und des Verfahrens genannt wurden. Die Figuren der Zeichnung zeigen im Einzelnen:

Fig. 1 eine Aufsicht auf die erfindungsgemäße Vorrichtung vor Beginn des erfindungsgemäßen

Verfahrens in schematisierter Darstellung

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht gemäß Schnittlinie A-A aus Figur 1, die den Verfahrensschritt der Ausrichtung der Wafer relativ zueinander nach der Kontaktierung zeigt.

5 In Figur 1 ist - stark schematisiert - eine Steuerungseinheit 40 gezeigt, die eine Durchführung des Verfahrens gemäß den in der obigen Beschreibung beschriebenen Verfahrensschritten in einer beispielhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung bewirkt.

10 Die Steuerungseinheit 40 ist hier durch eine erste, zweite und dritte Wirkverbindung 41w, 42w und 43w jeweils mit einer Einrichtung 41 zur Aufnahme und Ausrichtung des zweiten Wafers 26, mit einer Erfassungseinrichtung 42 zur Erfassung der Position der Wafer relativ zueinander und einer Einheit 43 zum Aufbringen eines Verbindungsmittels 44 verbunden.

15 Die zweite Einrichtung 41 zur Aufnahme und Ausrichtung des zweiten Wafers 26 ist mit dem Wafer 26 über einen schwenkbaren Arm 41a verbunden, um den zweiten Wafer 26 von der Einheit 43 zur einer ersten Einrichtung 20 zur Aufnahme des ersten Wafers 22 zu bewegen. Die räumliche Anordnung der Einrichtungen zueinander ist nur beispielhaft.

20 Nicht dargestellte Greifer am Ende des Armes 41a halten den zweiten Wafer 26 und sind dem Fachmann bekannt. Vorteilhaft ist die Verwendung von kontaktlosen Bernoulli-Greifern.

25 Mit der Einheit 43 wird ein Klebstoff durch bekannte Verfahren wie Aufsprühen, Aufschleudern, Aufdrucken oder andere Verfahren auf den zweiten Wafer 26 und/oder den ersten Wafer 22 aufgebracht. Die Kleberschicht kann ganzflächig oder strukturiert, beispielsweise durch Siebdruck, aufgebracht werden.

30 Sobald das Verbindungsmittel (der Klebstoff) auf einen oder beide Wafer aufgebracht ist, werden die korrespondierenden Oberflächen der Wafer in Kontakt gebracht, indem der zweite Wafer 26 mit dem schwenkbaren Arm - gesteuert von der Steuerungseinheit 40 - über den ersten Wafer 22 geschwenkt und auf diesen abgesenkt wird.

35 Sobald die beiden Wafer 22 und 26 in Kontakt stehen, erfasst die Erfassungseinrichtung 42 mittels zumindest zweier hochauflösender Objektive 42o, die über Arme 42a mit einem Gehäuse der Erfassungseinrichtung 42 verbunden sind, die Position der Wafer 22 und 26 relativ zueinander. Dazu sind in den beiden Wafers 22 und 26 je zwei Justiermarken 23 und 27 integriert. Die Justiermarken 23 und 27 können auf die Wafer 22 und 26 aufgebracht sein bzw. diesen zugeordnet sein. Die Erfassung kann auch mit einem Objektiv 42o erfolgen. Die Genauigkeit ist jedoch - bedingt durch den geringeren möglichen Abstand von den Justiermarken 23 und 27 - bei Verwendung eines Objektives pro Justiermarke 23, 27 wesentlich höher. Auch ist es möglich, lediglich ein Objektiv 42o und eine dazugehörige Justiermarke auf jedem Wafer 22 und 26 zur Erfassung zu verwenden, indem nur mit Hilfe der Ausgestaltung der Justiermarke ausgerichtet wird. Die Verwendung von mehr als zwei Justiermarken erhöht die Genauigkeit nur unwesentlich, weshalb aus Kostengründen darauf verzichtet werden kann.

45 Die Objektive 42o sind schwenkbar über Arme 42a am Gehäuse der Erfassungseinrichtung angebracht, so dass die Objektive 42o beim Kontaktieren der beiden Wafer 22 und 26 aus dem Wirkungsbereich des Armes 41a und des Wafers 26 gebracht werden können.

50 Die Erfassungseinrichtung 42 sendet dann die Signale zur Bestimmung der relativen Position der beiden Wafer 22 und 26 zueinander an die Steuerungseinheit 40, die je nach Position der Wafer 22, 26 zueinander eine Verschiebung des zweiten Wafers 26 mit Hilfe der Einrichtung 42 bewirkt. Die Verschiebung der beiden in Kontakt stehenden Wafer 22 und 26 ist durch Auswahl eines geeigneten Klebers 44 möglich, der ausreichend viskos ist, um durch Einleitung einer Kraft parallel zur Waferoberfläche eine Verschiebung zu ermöglichen. Die Viskosität kann zusätzlich durch die Steuerung der Temperatur beeinflusst werden. Zur Ausrichtung der Wafer 22,

55

26 können diese verschoben und/oder gedreht werden.

Die Justiermarken 23 und 27 sind als korrespondierende Skalenstriche auf die beiden Wafer ausgebildet, so dass bei einer Teilung der Skalenstriche von 500 nm im Rahmen der optischen Auflösung der Objektive 42o eine exakte Justierung mit einer Abweichung von ≤ 500 nm erreicht wird.

Sobald die Justierung beendet ist, wird von der Steuereinheit die Aushärtung des Verbindungsmittels bewirkt, die beispielsweise mittels UV-Licht oder Erhöhung der Temperatur erreicht wird. Eine Einrichtung zum Aushärten des Verbindungsmittels ist hier nicht dargestellt.

Alternativ kann die Ausrichtung der beiden Wafer 22 und 26 auch oder zusätzlich durch Verschiebung und/oder Rotation der Einrichtung 20 zur Aufnahme des ersten Wafers 22 erfolgen.

Die Einrichtung 41 dient hier gleichzeitig als Verschiebemittel für den Ausrichtungsschritt gemäß der vorliegenden Erfindung. Gleichwohl ist der Einsatz einer zusätzlichen Einrichtung als Verschiebemittel denkbar, die nur für die exakte Positionierung der Wafer zueinander verantwortlich ist. Hierdurch kann die große Verschwenkung des zweiten Wafers 26 mit Hilfe einer wesentlich ungenaueren und deshalb auch billigeren Einrichtung erfolgen.

Die gesamte Vorrichtung kann auch in einer Vakuumkammer angeordnet sein, in der auch weitere übliche Verfahrensschritte wie ein Vorreinigungsschritt oder eine Spülung mit Inertgas integriert sein können.

Die genannten Verfahrensschritte werden von einer Steuerungseinheit 40 veranlasst und überwacht, die mit den einzelnen Vorrichtungsteilen steuerungstechnisch verbunden ist.

Das vorliegend beschriebene Verfahren beschleunigt die Verbindung der Wafer, indem der Verfahrensschritt, Abstandhalter zwischen die Wafer zu bringen und diese wieder gleichmäßig zu entfernen, wegfällt. Durch die geringere Entfernung der Justiermarken zueinander im Vergleich mit den Vorrichtungen aus dem Stand der Technik wird die Präzision der Ausrichtung weiter erhöht. Die mögliche vollflächige Verklebung ist ein weiterer Vorteil gegenüber dem Stand der Technik.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zum Verbinden von Wafern (22, 26) an korrespondierenden Oberflächen (22o, 26o) der Wafer (22, 26), mit folgenden Merkmalen:
 - a. einer Einheit (43) zum Aufbringen einer Schicht von Verbindungsmittel (44) auf zumindest eine der Oberflächen (22o, 26o) der Wafer (22, 26),
 - b. einer ersten Einrichtung (20) zur Aufnahme und ggf. Ausrichtung eines ersten Wafers (22),
 - c. einer zweiten Einrichtung (41) zur Aufnahme und Ausrichtung eines zweiten Wafers (26) gegenüber dem ersten Wafer (22), *dadurch gekennzeichnet*, dass eine Steuerungseinheit (40) die folgende Arbeitsschritte nacheinander bewirkt:
 - i. Aufbringen einer Schicht von Verbindungsmittel (44) auf zumindest eine der korrespondierenden Oberflächen (22o, 26o) mittels der Einheit (43),
 - ii. Kontaktieren der korrespondierenden Oberflächen (22o, 26o) der Wafer (22, 26) mittels der Einrichtungen (20, 41),
 - iii. Ausrichtung der Wafer (22, 26) durch Ausrichtungsmittel entlang den in Kontakt stehenden korrespondierenden Oberflächen (22o, 26o) der Wafer (22, 26),
 - iv. Verbinden der korrespondierenden Oberflächen (22o, 26o) durch Aushärtung der Verbindungsmittel (44).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, deren Ausrichtungsmittel eine Erfassungseinrichtung (42) zur Erfassung der relativen Position der beiden auszurichtenden Wafer (22, 26) zueinander umfassen, wobei die Erfassungseinrichtung (42) mittels einer ersten Wirkverbindung (42w) zwischen der Steuerungseinheit (40) und der Erfassungseinrichtung (42) Signale über die relative Position der Wafer (22, 26) zueinander an die Steuerungseinheit (40) übermittelt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, deren Erfassungseinrichtung (42) kontaktlos, insbesondere optisch, ausgebildet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, deren Ausrichtungsmittel Verschiebemittel (41) umfassen, die von der Steuerungseinheit (40) über eine zweite Wirkverbindung (41w) ansteuerbar sind und mittels der von der Steuerungseinheit (40) übermittelten Steuerungssignale die Wafer (22, 26) in einer vordefinierten relativen Position zueinander ausrichten.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei das Verschiebemittel (41) die zweite Einrichtung (41) ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Erfassungseinrichtung (42) mittels sichtbarem und/oder infrarotem Licht die relative Position der Wafer zueinander (22, 26) durch an den Wafern (22, 26) angebrachte oder integrierte Justiermarken (23, 27) ermittelt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei zwei Justiermarken an jedem Wafer (22, 26) angebracht oder integriert sind, wobei die Justiermarken (23, 27) vorzugsweise voneinander beabstandet angeordnet sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Justiermarken (23, 27) Skalenstriche sind, die auf den Wafern (22, 26) aufgebracht sind.
9. Verfahren zum Verbinden von zwei Wafern an zwei korrespondierenden Oberflächen der Wafer mit folgenden, in dieser Reihenfolge ablaufenden Schritten:
- a. Aufbringen von Verbindungsmitteln auf zumindest eine der beiden korrespondierenden Oberflächen,
 - b. Kontaktierung der Wafer an den korrespondierenden Oberflächen,
 - c. Ausrichtung der Wafer durch Verschiebemittel entlang den in Kontakt stehenden korrespondierenden Oberflächen der Wafer, indem Ausrichtungsmittel in Übereinstimmung gebracht werden.
 - d. Verbindung der Wafer
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die Wafer optisch ausgerichtet werden.
11. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die Ausrichtungsmittel zumindest teilweise in die Wafer integriert sind.
12. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die Wafer durch zumindest eine in jedem Wafer integrierte Justiermarke der Ausrichtungsmittel ausgerichtet werden.
13. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem, vorzugsweise optische, Erfassungsmittel der Ausrichtungsmittel zur Erfassung der Ausrichtung verwendet werden.
14. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die Wafer bei der Kontaktierung in Schritt b bereits grob an Hand der Waferkanten ausgerichtet werden.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

