Verfahren zur Behandlung eines temporär gebondeten Produktwafers

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

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und eine Vorrichtung gemäß Anspruch 13 oder 14 zur Behandlung eines temporär gebondeten Produktwafers.

Neuartige, dreidimensional integrierte Schaltkreise benötigen verlässliche Verfahren zur Handhabung dünner Wafer, um die dünnen Wafer durch die notwendigen Fertigungsprozesse auf der Wafer Rückseite erfolgreich transportieren zu können. In den vergangenen Jahren hat sich hierzu die Methode des Temporär-Bondens etabliert. Dabei wird der Produktwafer mit einer ganz oder teilweise fertig gestellten ersten Hauptfläche mittels eines geeigneten Verfahrens, insbesondere mittels Klebetechnologie auf einen Träger Wafer montiert. Dabei zeigt diese erste Hauptfläche in die Richtung des Trägerwafers. Der Produktwafer wird anschließend mittels bekannter Schleiftechniken gedünnt. Nach diesem Dünnungsprozess

werden auf der Rückseite des dünnen Wafers weitere Fertigungsschritte durchgeführt. Dabei haben in der Vergangenheit Prozesse, bei denen im Wafer hohe thermische Spannungen erzeugt wurden, wie zum Beispiel abruptes Heizen- und/oder Kühlen, zu Problemen geführt. – Vielfach hat der Wafer dabei Dellen (engl. dimples) bekommen, die eine weitere Verarbeitung unmöglich gemacht haben. Diese Dellen sind gleichzeitig auch Stellen, an denen der zum Fixieren des dünnen Wafers verwendete Kleber verfließt und damit die Kleberdicke ungleichmäßig ist.

Bekannt ist das Wafer Dünnen auf Backgrind Tapes (BG Tape), also keine stabilen Trägersubstrate. Hier wird der Wafer zumeist mittels Schleifverfahren nur gedünnt. Es erfolgt keine weitere Bearbeitung auf der Wafer Rückseite mehr. Zumindest werden in diesem Fall keine komplexen Strukturen wie Verdrahtungsleitungen oder dergleichen mehr gefertigt. In diesem Bereich ist es üblich, die Wafer zu dünnen mittels einer Aufeinanderfolge von Grob- und Feinschleifprozessen. Diese Schleifprozesse lassen in der Regel jedoch Beschädigung der Kristallstruktur auf der geschliffenen Wafer Oberfläche zurück. Diese Beschädigungen führen zu Spannungen. Daher wurde in diesem Bereich in den letzten Jahren an Möglichkeiten geforscht, um diesen beschädigten Layer zu eliminieren. Das Resultat sind sogenannte „Stress Relief Prozesse“. Um diese Prozesse jedoch umgehen zu können haben Hersteller von Schleifanlagen und Schleifwerkzeugen wie z.B. die Fa. Disco in Japan auch an Schleifrädern gearbeitet, die die Notwendigkeit des Stress Reliefs eliminieren. Ein sehr populäres Produkt in diesem Bereich ist z.B. das sogenannte Polygrind Schleifrad, das es ermöglicht, die Wafer unmittelbar nach dem Dünnen zu zersägen und in die endgültige Chipverpackung einzubringen. (in der Industrie unter dem Begriff „Packaging“ bekannt).

Der zweite relevante Bereich ist der Bereich von Dünnen Wafer, die auf starren Trägersubstraten montiert sind. In diesem Bereich werden die Wafer ebenfalls mittels Grob- und Feinschleifverfahren auf die gewünschte Zieldicke gedünnt. Typischerweise werden Zieldicken von weniger als 100 µm angestrebt. In letzter Zeit werden Wafer jedoch vorzugsweise auf 75 µm oder 50 µm gedünnt. In Zukunft wird erwartet, dass die Wafer noch stärker auf 30, 20 oder gar 10µm gedünnt werden. In diesem Bereich wurde die detaillierte Prozessabfolge beim dünnen des Wafers üblicherweise durch die notwendige Oberflächengüte bestimmt. Vielfach hat der Rückdünnprozess mit der Verwendung des Feinschliff Prozesses unter Verwendung des Polygrind Schleifrades geendet. Es wurden als in diesem Bereich bis heute keine bewusst gewählten Prozesse angewendet, um die Oberflächenqualität für die weitere Bearbeitung, insbesondere bei thermischen Anwendungen, zu verbessern. Dies auch unter anderem deshalb, weil der starre Träger als ausreichendes Mittel angesehen wurde, um den dünnen Wafer während der darauffolgenden Prozess ausreichend zu stützen und flach zu halten.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren anzugeben, mit dem die weitere Handhabung bei immer dünneren, temporär fixierten Produktwafern erleichtert bzw. erst ermöglicht wird, insbesondere bei sich anschließenden thermischen Prozessen.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der Ansprüche 1, 13 und 14 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben. In den Rahmen der Erfindung fallen auch sämtliche Kombinationen aus zumindest zwei von in der Beschreibung,

den Ansprüchen und/oder den Figuren angegebenen Merkmalen. Bei angegebenen Wertebereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Grenzwerte offenbart und in beliebiger Kombination beanspruchbar sein.

Die Erfindung betrifft eine Methode, die oben genannten Dellen beim Dünnen von Wafern zu vermeiden und somit die Qualität der temporär gebondeten Wafer während des Prozessflusses zu gewährleisten. Würde man die Oberflächendefekte nicht vermeiden, käme es bei der weiteren Prozessierung zu den oben beschriebenen technischen Problemen. Indem die Oberflächenbehandlung nach dem Schleifen und/oder Rückdünnen gezielt erfolgt, um die Eigenspannung des Produktwafers zu reduzieren, kann damit auf die weitere Bearbeitung des Produktwafers positiv Einfluss genommen werden. Denn die strukturelle Eigenspannung, die zumindest teilweise durch die oben beschriebenen Dellen verursacht wird, sorgt bei zu hoher Eigenspannung, insbesondere bei immer dünneren Wafern wegen deren geringerer Eigensteifigkeit, für die aufgeführten technischen Probleme bei der Weiterverarbeitung.

Das Phänomen der Dellen stellt erst in jüngerer Vergangenheit ein gravierendes Problem dar. Der Hauptgrund dafür dürfte in dem Umstand liegen, dass erst jetzt sehr geringe Zieldicken (siehe die Ausführungen oben) für die Dünnwafer angestrebt werden. Wenn die Wafer dünner werden, nimmt die Eigensteifigkeit der dünnen Wafer ab, wodurch dem Stress (Eigenspannung), der nach den Erkenntnissen der Anmelderin aufgrund der Kristalldefekte entsteht, nur mehr mit einem wenig stabilen Wafer entgegengewirkt wird. Vielmehr sind Wafer in diesem Dickenbereich sehr biegsam und flexibel.

Es wird darauf hingewiesen, dass erst in jüngster Zeit diese Art der Trägertechnologie zur Prozessierung von ultradünnen Wafern verwendet wird um, vor allem gestapelte Dies oder sogenannte „3D Packages" herzustellen.

Besonders ungünstige Verhältnisse im Zusammenhang mit der Dellenbildung ergeben sich, wenn bei abnehmender Dicke der Wafer, diese auch auf der Vorderseite eine zunehmende Topographie aufweisen, die in den, zwischen Träger und Produktwafer befindlichen Kleber eingebettet werden sollen. Diese Topographie beträgt für Wafer mit geringer Topographie weniger als 10µm, typischerweise weniger als 20µm, was in diesem Fall Kleberdicken von 10 bis 30µm zur Folge hat. Man beachte hierbei, dass üblicherweise die Kleberdicke in etwa um 10µm stärker gewählt wird, als die Höhe der Topographie. Für Wafer mit hoher Topographie ist mit Topographiehöhen von >30µm, vielfach mit >50µm typischerweise aber mit >70µm und in vielen Fällen mit >100µm zu rechnen.

Die höhere Kleberdicke in Verbindung mit den sehr dünnen Wafern hat zur Folge, dass schon leichter Stress im Wafer ausreicht, um Dellen zu verursachen. Dies ist ein Phänomen, das vor allem für thermoplastische Kleber auftritt, welche bei erhöhter Temperatur an Viskosität verlieren. Dies repräsentiert Anforderungen, die im Falle des üblichen (Stand der Technik) Backgrindens auf BG Tape nicht vorzufinden sind. Die höhere Kleberdicke ermöglicht ein leichteres Fließen des Klebers, was verbunden mit der sehr geringen Eigensteifigkeit des Produktwafers die Dellenbildung begünstigt.

Der Vorteil der neuen Erfindung besteht darin, dass man Oberflächendefekte beim Rückdünnen von temporär gebondeten Wafern vollkommen vermeiden kann, was eine entscheidende Qualitätsverbesserung des Endproduktes zur Folge. Des Weiteren ist damit eine Performanceverbesserung des Produktionsprozesses verbunden, da die Dellen auch bei höheren Temperaturen, denen die Wafer im Produktionsprozess meistens noch unterliegen, nicht mehr auftreten.
Da die Dellenbildung auch temperaturabhängig ist (da mit steigender Temperatur die Viskosität thermoplastischer Kleber sinkt), kann durch die genannte Erfindung der Temperaturbereich in dem die Wafer prozessiert werden können erweitert werden. Vor allem bei PECVD Prozessen, in denen höhere Temperaturen verwendet werden und durch die Plasmaeinwirkung zusätzliche thermische Energie in den Wafer eingebracht wird, muss die Dellenbildung vollkommen unterbunden werden. Es konnte bereits nachgewiesen werden, dass genannte Erfindung die Dellenbildung tatsächlich unterbindet. Ultradünne Wafer mit dieser Art von gestapelten Strukturen werden meist über 50°C, im speziellen über 75°C und im Besonderen über 100°C prozessiert, womit genannte Erfindung unverzichtbar wird um Dellenbildung zu vermeiden.

Der Erfindung liegt also der Gedanke zugrunde, die Spannung des dünnen Wafers nach dem Schleifen gezielt einzustellen. Dabei wird der dünne Wafer mittels bekannter Verfahren auf einen Träger montiert. Dieser Trägerwafer kann grundsätzlich aus jedem Material mit entsprechenden mechanischen Eigenschaften bestehen. Bevorzugt finden jedoch Silizium, Glas und bestimmte Keramikmaterialien Einsatz. Ein Hauptaugenmerk liegt hier darauf, dass die Trägerwafer einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten haben, der dem des Produkt Wafers (z.B.

Silizium) sowohl punktuell als auch hinsichtlich Verlauf des Koeffizienten über den Temperaturbereich angepasst / möglichst identisch ist. Als bevorzugte Ausführungsvariante sei hier erwähnt, dass der Produktwafer mit der bereits prozessierten Seite auf den Trägerwafer unter Verwendung eines thermoplastischen oder zumindest überwiegend thermoplastischen Klebers aufgeklebt wird. Als Beispiel für derartige Kleber sei das HT 10.10 Material von Brewer Science Inc., Rolla, Missouri, U.S.A. genannt. Anschließend wird der Wafer mittels Schleifverfahren gedünnt. Dieser Dünnprozess erfolgt aus einem Zusammenspiel aus Grob- und Feinschleifprozessen. Der entscheidende Teil der Erfindung ist es nun, den Wafer einem geeigneten weiteren Prozess zu unterziehen, der es ermöglicht, die Schicht mit der beschädigten Kristallstruktur entweder ganz oder kontrolliert teilweise zu entfernen. Im Weiteren wird darauf hingewiesen, dass die Kristallstruktur nicht nur an der Oberfläche, sondern auch bis zu einigen Mikrometer unterhalb der Oberfläche, defekt sein kann, daher die Defekte über eine große Tiefe, insbesondere tiefer als 0.5µm, 1µm,3µm 5µm und sogar bis 10µm, vorhanden sind. Durch die Mittel zur Reduzierung der Eigenspannung wird eine Schichtdicke S abgetragen, deren Wert abhängig von der Produktwaferdicke D des Produktwafers nach dem Rückdünnen bzw. Schleifen des Produktwafers festlegbar ist. Das Verhältnis der Schichtdicke S zu der Produktwaferdicke D liegt dabei zwischen 1 zu 300 und 1 zu 10, insbesondere zwischen 1 zu 150 und 1 zu 20, vorzugsweise zwischen 1 zu 100 und 1 zu 30. Es reicht daher nicht, nur einige Atomlagen abzutragen um die oberflächennahen Defekte zu entfernen.

Bei der teilweisen Entfernung ist es möglich, gezielt den Stress des Wafers einzustellen, und so etwaige Eigenspannungen des Wafers, der zum Beispiel aufgrund der auf der aktiven Seite befindlichen Layer

vorhanden sein könnte, zu kompensieren. Damit verwölbt sich der Wafer während nachfolgender Prozesse mit einem hohen thermischen Stress nicht mehr.

Geeignete Prozesse zur Entfernung dieses beschädigten Layers sind:

- Polierprozesse. – z.B. Der „Dry Polish Prozess" von Disco
- Nassätzprozesse, die mittels geeigneter Chemikalien durchgeführt werden.
- Trockenätzprozesse
- Eine Kombination der zuvor genannten Prozesse

Die Erfindung besteht in einem Prozessfluss, dadurch gekennzeichnet, dass

- ein Trägerwafer zu einem Strukturwafer über ein Adhäsionsmaterial temporär gebondet wird
- eine Nachbehandlung des Strukturwafers nach dem Rückdünnen erfolgt
- die Nachbehandlung des Strukturwafers eine Kombination aus Reinigung und mechanisch chemischem Polieren (CMP) ist, dadurch gekennzeichnet, dass beim CMP die durch den Sprödbruch erzeugte Oberflächenrauigkeit, die Risse sowie die eingebauten Eigenspannungen, reduziert bzw. vollständig abgebaut werden
- durch die somit erreichte glattere Oberfläche weniger Strukturdefekte vorhanden sind, die bei höheren Temperaturen schließlich als Ausgangspunkt für die oben genannten Oberflächendefekte (engl.: dimples) dienen.
- durch das CMP die Eigenspannungen im Strukturwafer dramatisch geringer sind als in Strukturwafern die durch Grinden gedünnt wurden

- durch die geringeren Eigenspannungen ein lokales elastisches Knicken und / oder plastisches Verformen des sehr dünnen Strukturwafers in die darunterliegende Adhäsionsschicht, vor allem bei höheren Temperaturen, verhindert wird.
- Ohne diese Oberflächendefekte (dimples) die Qualität des Strukturwafers extrem erhöht wird.
- der kontrollierende Faktor 0.5µ, 1µm, 3µm, 5µm und 10µm

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Spannungen derart eingestellt, dass ein zukünftig auftretender Stress, verursacht durch Schichten, die später auf den Wafer aufgebracht werden, bereits bei der Einstellung des Stresses mit berücksichtigt wird.

Gemäß einer weiteren Ausprägung wird die Spannung so eingestellt, dass sich der Wafer bevorzugt während des thermischen Prozesses zum Trägerwafer hin wölbt, und damit einem Delaminieren entgegen gewirkt wird.

Dieses Verfahren ist damit für die Verwendung mit allen bekannten Klebersystemen vorteilhaft. Vorteilhaft kann das Verfahren mit silikonähnlichen Klebern, die entweder thermisch oder durch UV-Licht-Belichtung vernetzen, eingesetzt werden. Mit gleichem Vorteil kann das Verfahren für alle thermisch aushärtenden Kleber eingesetzt werden. Als besonders vorteilhaft erweist sich das Verfahren jedoch in Kombination mit thermoplastischen Klebern, deren Viskosität bei steigender Temperatur sinkt. Diese Kleber neigten in der Vergangenheit dazu, insbesondere bei Abscheidesystemen, bei denen der Prozess im Vakuum durchgeführt wurde, zu Problemen zu führen. Dies ist dadurch bedingt, da

das Aufheizen des dünnen, auf dem Träger montierten Wafers in solchen Systemen besonders ungleichmäßig geschieht, da die Wärme im Waferstapel überwiegend über Wärmeleitung eingebracht wird. Die Temperatur der dabei verwendeten Chucks bewegt sich im Bereich von 100 bis 400°C, insbesondere aber im Bereich von 150 bis 300°C und bevorzugt im Bereich von 180 bis 250°C, wo der Wärmetransport durch Wärmestrahlung noch keine so bedeutende Rolle spielt. Daher wird der Waferstapel in diesem Fall besonders abrupt innerhalb kurzer Zeit, startend beim Kontakt des Waferstapels mit dem Chuck, aufgeheizt. Da der Wafer niemals vollflächig mit dem Chuck in Kontakt ist, erfolgt der Wärmetransfer bevorzugt an jenen Stellen, wo Kontakt herrscht.

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

Fig. 1: eine Oberfläche eines temporär gebondeten Produktwafers nach einem Schleifprozess gemäß dem Stand der Technik (C-SAM-Aufnahme),

Fig. 2: eine Oberfläche eines temporär gebondeten Produktwafers nach einer Behandlung gemäß der vorliegenden Erfindung (C-SAM-Aufnahme).

Die Figuren zeigen, dass der Produktwafer gemäß Figur 1 deutliche Dellen aufweist und Figur 2 ist zu entnehmen, dass ein erfindungsgemäß behandelter Wafer eine wesentlich homogenere Oberflächenstruktur aufweist. Entsprechend hat der Wafer gemäß Figur 2 weniger Eigenspannungen.

Verfahren zur Behandlung eines temporär gebondeten Produktwafers

Patentansprüche

1. Verfahren zur Behandlung eines temporär auf einem Trägerwafer gebondeten Produktwafers mit folgenden Schritten:
   - Schleifen und/oder Rückdünnen des Produktwafers an einer vom Trägerwafer abgewandten Flachseite auf eine Produktwaferdicke D von < 150µm, insbesondere < 100µm, vorzugsweise < 75µm, noch bevorzugter < 50µm, besonders bevorzugt < 30µm,
   - Nach dem Schleifen und/oder Rückdünnen Oberflächenbehandlung der Flachseite mit Mitteln zum Reduzieren einer, insbesondere strukturellen, Eigenspannung des Produktwafers.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Oberflächenbehandlung in einem eigenen, vom Rückdünnen, insbesondere räumlich, getrennten, Prozess erfolgt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Mittel zum Reduzieren der Eigenspannung gekennzeichnet sind durch mindestens eines der nachfolgend aufgeführten Merkmale:
- Trockenpolieren der Flachseite
- Nassätzen der Flachseite
- Trockenätzen der Flachseite.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Eigenspannung des Produktwafers durch die Mittel zum Reduzieren der Eigenspannung einstellbar ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Trägerwafer, insbesondere bei einer bestimmten und/oder über einen Temperaturbereich der Temperatur des Trägerwafers, einen mit dem Ausdehnungskoeffizienten des Produktwafers im Wesentlichen identischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Produktwafer mit seiner der Flachseite gegenüberliegenden Kontaktseite unter Verwendung eines zumindest teilweise, insbesondere überwiegend, thermoplastischen Klebers mit dem Trägerwafer temporär verbunden ist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Reduzierung der Eigenspannung derart ausgebildet sind, dass sie eine definierte Schichtdicke S einer, insbesondere durch das Schleifen und/oder Rückdünnen beschädigten, Kristallstruktur der Flachseite zumindest teilweise entfernen.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Eigenspannung des Produktwafers durch die Mittel zur Reduzierung der Eigenspannung so eingestellt wird, dass sich der Produktwafer während eines sich anschließenden thermischen Prozesses zum Trägerwafer hin wölbt.

9. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Produktwafer der Kontaktseite, insbesondere in den Kleber eingebettete, Topographien aufweist.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Oberflächenbehandlung ein thermischer Verfahrensschritt, insbesondere bei Temperaturen von >50°C, vorzugsweise >75°C, bevorzugt >100°C, folgt

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der thermische Verfahrensschritt ein, insbesondere chemischer, Gasphasenabscheideverfahrensschritt ist.

12. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtdicke S< 10µm, insbesondere <5µm, vorzugsweise <3µm, noch bevorzugter <1µm, besonders bevorzugt <0,5µm beträgt.

13. Vorrichtung zur Behandlung eines temporär auf einem Trägerwafer gebondeten Produktwafers mit folgenden Merkmalen:
    - Mitteln zum Schleifen und/oder Rückdünnen des Produktwafers,
    - Mitteln zum Reduzieren einer, insbesondere strukturellen, Eigenspannung des Produktwafers

14. Vorrichtung zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11,