

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
2. Februar 2006 (02.02.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/010289 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 21/00 (2006.01)

RICHERZHAGEN, Bernold [DE/CH]; Chemin du
Bochet 28, CH-1025 St-Sulpice (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH2005/000451

(74) Anwälte: **ROSHARDT, Werner, A.** usw.; Keller &
Partner Patentanwälte AG, Schmiedenplatz 5, Postfach,
CH-3000 Bern 7 (CH).

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Juli 2005 (29.07.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA,
MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
1285/04 30. Juli 2004 (30.07.2004) CH

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **SYNOVA S.A.** [CH/CH]; Chemin de la Dent d'Oche,
CH-1024 Ecublens (CH).

(72) Erfinder; und

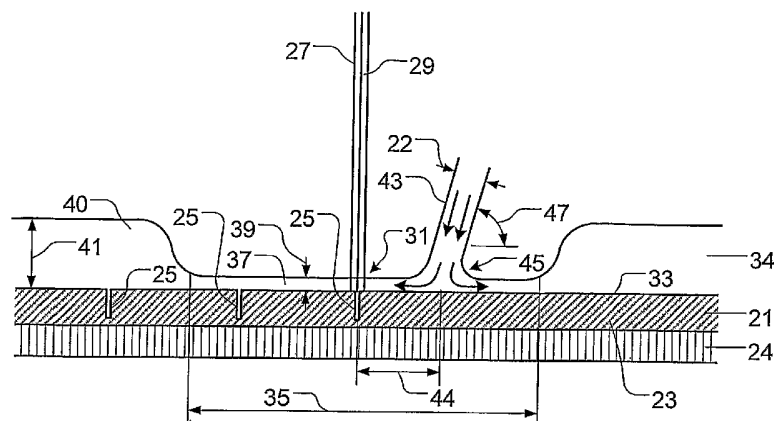
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BUCHILLY,
Jean-Marie** [CH/CH]; Rue de la Blancherie 16,
CH-1022 Chavannes (CH). **SPIEGEL, Akos** [HU/CH];
Route de Praz-Véguey 22, CH-1022 Cavannes (CH).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR SEPARATING CIRCUIT UNITS (CHIPS) ARRANGED ON A SEMICONDUCTOR WAFER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR VEREINZELUNG VON AUF EINEM HALBLEITERWAFER ANGEORDNETEN
ELEKTRONISCHEN SCHALTKEISEINHEITEN (CHIPS)



(57) Abstract: An edge groove is initially created at a distance from the edge of a semiconductor wafer (21) in order to separate electronic circuit units (chips) (22), which are arranged on said semiconductor wafer (21). Said end groove prevents cracks from spreading to the circuit units (22). In a subsequent step, the wafer (7) is ground down in such a way that it has the same thickness as that of the circuit units. The area between the edge groove and the wall of the semiconductor wafer thus tapers off. With or without previous separation of the wafer edge area, a respective separating groove (13;25), which does not cut through the thinned wafer, is created on the edges of the circuit units or between adjacent circuit units from the surface (9;33) of the wafer (1; 7; 21) bearing the circuit units with predefined line guidance as a preliminary separation step with the aid of laser radiation (29) conducted in a liquid jet, wherein wafer material used to form a groove is removed by radiation energy and side walls (17) of the groove formed thereby are heavily cooled by the liquid making up the liquid jet (27). As a result, an insignificantly small, thermally stressed groove edge zone is exclusively formed. During the production of said grooves, no or only a few (almost no) micro cracks are formed in the side walls of the grooves (17) or starting therefrom. In the next step, the circuit units are separated by impingement with transverse rupture stress.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/010289 A2



TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Bei der Vereinzelung von auf einem Halbleiterwafer (21) angeordneten elektronischen Schaltkreiseinheiten (Chips) (22) wird zuerst distanziert vom Halbleiterwaferrand eine Randfurche eingebracht. Diese Randfurche verhindert eine Ausbreitung von Rissen in die Schaltkreiseinheiten (22). In einem nachfolgenden Arbeitsschritt wird der Wafer (7) auf die Dicke der Schaltkreiseinheiten abgeschliffen, wobei dann der Bereich zwischen Randfurche und Halbleiterwaferrand abfällt. Mit oder auch ohne eine vorgängige Waferrandbereichsabtrennung wird an den Rändern der Schaltkreiseinheiten bzw. zwischen benachbarten Schaltkreiseinheiten jeweils eine den gedünnten Wafer nicht durchschneidende Vereinzelungsfurche (13; 25) ausgehend von der die Schaltkreiseinheiten tragenden Oberfläche (9; 33) des Wafers (1; 7; 21) mit vorgegebener Linienführung als Vorstufe der Vereinzelung mit in einem Flüssigkeitsstrahl (27) geleiteter Laserstrahlung (29) eingebracht, in dem durch die Strahlungsenergie Wafermaterial zur Furchenbildung abgetragen und sich hierbei bildende Furchenseitenwände (17) durch die Flüssigkeit des Flüssigkeitsstrahls (27) derart stark gekühlt werden. Es bildet sich somit lediglich eine verschwindend kleine thermisch beanspruchte Furchenrandzone heraus. Bei dieser Furchenerzeugung bilden sich somit keine bzw. nur verschwindend wenige (nahezu keine) Mikrorisse in den Furchenseitenwänden (17) bzw. ausgehend von diesen. In einem nachfolgenden Arbeitsschritt wird die Vereinzelung der Schaltkreiseinheiten in einem nachfolgenden Arbeitsschritt durch eine Beaufschlagung mit einer Biegebruchspannung vorgenommen.

5

10

15 **Verfahren zur Vereinzelung von auf einem Halbleiterwafer angeordneten elektro-
nischen Schalteinsheiten (Chips)**

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft Verfahren zur Vereinzelung von auf einem Halbleiterwafer angeordneten elektronischen Schalteinsheiten (Chips).

Stand der Technik

- 20 Unter Bildung einer Furche wird ein Materialabtrag ausgehend von einer Plattenoberfläche verstanden, wobei die Platte nicht durchtrennt wird. Eine Furche hat in der Regel ein U- oder V-förmiges Querschnittsprofil, wobei die Öffnung des U's bzw. V's zur Plattenaussenseite zeigt und der U-Boden bzw. die V-Spitze scharfe bzw. abgerundete Innenecken haben kann.
- 25 Unter einem Halbleiterwafer wird eine Platte aus einem Halbleitermaterial, in der Regel aus Silizium, verstanden, in deren Oberflächenbereich eine Vielzahl elektronischer Schalteinsheiten, sogenannte Chips, mittels epitaktischen Verfahren integriert sind. Um diese Chips möglichst preisgünstig herzustellen, werden eine Vielzahl derartiger Chips auf ein und denselben Wafer angeordnet. Diese Chips müssen später für den

Einbau in entsprechende Gehäuse bzw. zur Herstellung der elektrischen Anschlüsse vereinzelt werden.

In der US 5,888,883 wird die Vereinzelung von auf einem Wafer angeordneten elektronischen Schaltkreiseinheiten (Chips) beschrieben. Zum Stand der Technik führt die
5 US 5,888,883 aus, dass hierzu die Waferrückseite auf einer flexiblen Folie (Tape) aufgeklebt wird. Mit einer Diamantsäge, einem Diamantritzer oder einem mit einem freien Laserstrahl arbeitenden Laser wurden dann ausgehend von der die elektronischen Schaltkreiseinheiten tragenden Oberfläche die Schaltkreiseinheiten matrixartig heraus-
10 getrennt, indem der Wafer vollständig zwischen den Schaltkreiseinheiten gitterartig durchtrennt wurde.

Gegenüber dem hier geschilderten Stand der Technik schlägt nun die US 5,888,883 vor, nicht mehr den Wafer vollständig durchzutrennen, sondern entlang der Chipbegrenzungen nur noch Furchen einzubringen, deren Tiefe grösser ist als die Dicke d_c der später vereinzelt
15 elektronischen Schaltkreiseinheiten. Der Wafer wird nach dem Furcheneinbringen mit seiner Vorderseite auf eine flexible Folie aufgeklebt und ausgehend von seiner Rückseite bis über den Furchenboden abgeschliffen. Die elektronischen Schaltkreiseinheiten sind nun vereinzelt.

Mit dem in der US 5,888,883 beschriebenen Verfahren sollte bei einer Verringerung von Arbeitsschritten der Bruch von Wafern während des Dünnschleifens bzw. danach ver-
20 ringert werden; auch sollte die Bruchfestigkeit der Chips verringert werden.

In der zur US 5,888,883 zeitlich nachfolgenden US 6,184,109 wurde ebenfalls davon ausgegangen, die Furchen, wie oben angeführt, von der die elektronischen Schaltkreiseinheiten tragenden Waferoberfläche ausgehend einzubringen und die Waferrückseite bis über den Furchenboden abzuschleifen. Es wurde nun zur Verbesserung des in der
25 US 5,888,883 beschriebenen Verfahrens zusätzlich gefordert, die Furchen lediglich mit einem Diamantsägeblatt einzuschneiden oder durch einen Ätzvorgang einzubringen.

In der US 6,294,439 desselben Anmelders wie der US 5,888,883 und der US 6,184,109 wurde nun zur weiteren Verbesserung des in der US 5,888,883 und des US 6,184,109 beschriebenen Verfahrens zusätzlich gefordert, dem Furchenboden eine ganz bestimm-
30 te vorgegebene Querschnittsform zu geben. Um nach Meinung der US 6,294,439 eine optimale Furche zu erzeugen, sollte ein Diamantsägeblatt mit einer halbkreisförmigen Schneide verwendet werden. Die Furche musste dann über die Dicke der später verein-

zelen elektronischen Schaltkreiseinheiten hinaus um eine Strecke A in das von der Waferückseite abzuschleifende Material eindringen. Der Radius B der halbkreisförmigen Schneide des Diamantsägeblatts musste gemäss der US 6,294,439 nun derart gewählt werden, dass A/B grösser als 0,3 war.

- 5 Es zeigte sich nun, dass bei den nach der Lehre der drei Schutzrechte US 5,888,883, US 6,184,109 und US 6,294,439 vereinzelen Schaltkreiseinheiten sich ein nicht zu vernachlässigender Ausschuss von defekten elektronischen Schaltkreiseinheiten ergab.
- Neben den in der US 5,888,883, der US 6,184,109 und der US 6,294,439 aufgezeigten Verfahren zum Vereinzeln von elektronischen Schaltkreiseinheiten aus einem Wafer
- 10 ("dicing before grinding") kann auch ein Heraustrennen bei einem bereits gedünnten Wafer mit einer Säge oder durch Ätzen ("dicing after grinding") vorgenommen werden. Auch hier trat ein hoher Ausschussanteil auf.

Darstellung der Erfindung

Aufgabe

- 15 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Vereinzelnung von auf einem Halbleiterwafer angeordneten elektronischen Schaltkreiselementen (Chips) vorzuschlagen, bei dem die Kantenbruchfestigkeit des Wafers wie auch die Kantenbruchfestigkeit der auf dem Wafer befindlichen und aus diesen separierten Chips erhöht wird, so dass der Ausschuss bzw. ein späterer Funktionsausfall gegenüber den nach dem Stand der Technik
- 20 getrennten verringert ist.

Lösung

- Die Lösung der Aufgabe erfolgt in einem ersten Schritt durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Erfindungsgemäss ist erkannt worden, aus der abgerundeten Waferaus-
- 25 senrand sich beim Dünnen eine scharfe Kante, eine „Messerschneide“ bildet. Von dieser Messerschneide, je schärfer sie wird, bilden sich nun beim Dünnen bevorzugt in den Wafer hineingehende Risse aus, welche die Chips beschädigen können. Im Stand der Technik wurde das Hauptaugenmerk zur Vermeidung von sich bildenden Rissen auf den tatsächlichen Vereinzelnungsvorgang beim Trennen der einzelnen Chips voneinander gerichtet. Hierbei wurde jedoch verkannt, dass der Wafer bereits vor dem Vereinze-

lungsvorgang schon Risse aufweisen konnte, welche von der beim Dünnschleifen sich bildenden „Messerschneide“ herrührten.

Wird nun wie in Anspruch 1 ausgeführt, vor dem Dünnen eine „Randfurche“ eingebracht, so können an der „Messerschneide“ sich bildende Risse diese Furche zum Waferinneren hin nicht überwinden. Das die Chips tragende Waferinnere ist vor Rissen geschützt. Es sei hier zudem bemerkt, dass die sich beim erfindungsgemässen Verfahren bildende „Messerschneide“ weniger scharf ist als beim Stand der Technik, da sie bereits schon bei Erreichen des Rundfurchenbodens abfällt.

Die Furchen können nun mit beliebigen Verfahren wie Schneiden mit einer Diamantsäge oder einem Materialabtrag mit einem auf die Waferoberfläche fokussierten Laserstrahl vorgenommen werden. In vorteilhafter Weise wird man jedoch in einem Flüssigkeitsstrahl geführte Laserstrahlung verwenden, wie z. B. in der EP 0 762 947 beschrieben ist. Der Flüssigkeitsstrahl, welcher bei einer Strahlung des Laserstrahls von 1,06 μm bzw. einer hierzu frequenzvervielfachten Strahlung, ein Wasserstrahl sein kann, dient als Wellenleiter für die Laserstrahlung.

Der Hauptunterschied zu einer konventionellen Bearbeitung mit Laserstrahlung liegt bei einer Bearbeitung mit der im Flüssigkeitsstrahl geleiteten Laserstrahlung darin, dass die Laserstrahlung im Flüssigkeitsstrahl zur Waferoberfläche geführt wird, das mit der Energie der Laserstrahlung abgetragene Material durch die Flüssigkeit ohne sich anlagern zu können fortgetragen und die Bearbeitungszone durch die Strahlung führende Flüssigkeit gekühlt wird (die Wärme beanspruchte Zone am Bearbeitungsort ist somit extrem klein).

Die Trennung der Waferbereiche wird dann in einem nachfolgenden Arbeitsschritt vorgenommen, wobei im Gegensatz zum Stand der Technik in den bereits gedünnten Wafer von der (die Chips tragenden) Waferoberseite ausgehend an den Chiprändern bzw. zwischen benachbarten Chips Vereinzelungsfurchen mit einer Resttiefe eingebracht werden und dann anschliessend zur Vereinzelung gebrochen wird.

Vergleichende Untersuchungen an Waferbereichen, welche mit den Verfahren der US 5,888,883, US 6,184,109 und US 6,294,439 vorgenommen wurden und dem erfindungsgemässen Verfahren haben nun gezeigt, dass beim erfindungsgemässen Verfahren an den Seitenflächen, insbesondere an den Unterkanten, der getrennten Waferbereiche keine oder so gut wie keine Mikrorisse mehr auftreten. Die bei der US 5,888,883,

US 6,184,109 und US 6,294,439 sich bildenden Mikrorisse pflanzten sich nämlich sofort oder erst zu einem späteren Zeitpunkt in die Waferinnenbereiche bzw. in die elektronischen Schaltkreiseinheiten fort. Hierdurch ergab sich eine geringe Kantenbruchfestigkeit.

- 5 Ein gutes Mass für eine Beurteilung des Vorhandenseins von Mikrorissen ist die Messung einer aufzubringenden Kraft, bei der ein Wafer oder ein aus diesem herausgetrennter Chip bricht. Sind viele Mikrorisse (ausgehend von den Aussenkanten) vorhanden, so ist eine bis zum Bruch aufzubringende Biegekraft gering. Je weniger Mikrorisse vorhanden sind, desto grösser ist die bis zum Bruch aufzubringende Biegekraft, desto
10 höher ist die Kantenbruchfestigkeit.

Eine aufzubringende theoretische Biegekraft kann aufgrund der zwischen Chipabmessungen, der Materialstärke sowie der Anordnung der Biegevorrichtung berechnet werden.

- Eine für den Bruch aufzubringende Biegekraft wurde mit dem in **Figur 1** dargestellten
15 schematischen Versuchsaufbau ermittelt. Ein Chip **1** mit einer Ausdehnung von 10 mm x 10 mm und einer Dicke von 125 µm wird auf 8 mm voneinander distanzierte Rollen **3a** und **3b** gelegt und mit einer dritten, in der Mitte zwischen den beiden Rollen **3a** und **3b** drückenden Rolle **5** durch eine Kraft **6** belastet bis er bricht.

- Ausgemessen werden in den Abmessungen identische Chips **1**, wobei zwei auf unter-
20 schiedliche Weise vereinzelte Chips miteinander verglichen werden. Die eine Sorte Chips wurde unter Verwendung einer Diamantsäge aus dem Wafer herausgetrennt ("dicing after grinding" bzw. „dicing before grinding"). Die andere Sorte von Chips wurde mit dem erfindungsgemässen Verfahren getrennt.

- Die mit der Säge erzeugten Schnitte oder Furchen haben eine Breite von 45 µm und
25 eine Furchentiefe von mindestens der Waferdicke. Bei den mit dem erfindungsgemässen Verfahren getrennten Chips wird mit in einem Flüssigkeitsstrahl geleiteten Laserstrahlung gearbeitet, wobei Furchen mit einer Furchenbreite von 46 µm und eine Furchentiefe von 80% der Waferdicke erzeugt werden.

- Die getrennten Chips werden nun so stark belastet bis sie brechen. Die Chips werden
30 nun derart eingelegt, dass einmal die Schaltkreiseinheiten tragende Oberseite mit der Rolle **5** belastet wird und ein anderes Mal der Chip gewendet wird, und die dann nach oben zeigende Chiprückseite über die Rolle **5** belastet wird.

Es ergibt sich nun bei einer Belastung der Vorderseite beim gesägten Chip eine Bruchkraft von 6,7 N und bei der im Flüssigkeitsstrahl geleiteten Laserstrahlung eine Bruchkraft von 10,1 N. Analog ergeben sich für eine Belastung der Rückseite 6,8 N für die "Säge" und 11 N für die im Flüssigkeitsstrahl geleitete Laserstrahlung. Die aufzubringende Biegebruchkraft ist somit bei Furchen, welche mit der im Flüssigkeitsstrahl geleiteten Laserstrahlung erzeugt werden, um 50 % bzw. 61% grösser, was, wie oben ausgeführt, auf eine stark verminderte Anzahl von Mikrorissen schliessen lässt.

Wird anstelle eines Chips ein Wafer getestet, ergeben sich analoge Werte.

Als in den Flüssigkeitsstrahl einzukoppelnde Laserstrahlung ist eine Laserstrahlung zu verwenden, welche nur eine kleine Absorption in der Flüssigkeit des Flüssigkeitsstrahls erfährt und welche möglichst gut von der Waferoberfläche absorbiert wird. Gute Ergebnisse konnten mit der Strahlung eines Nd:YAG-Lasers erzielt werden. Den Nd:YAG-Laser betreibt man als gepulsten Laser vorzugsweise bei einer Wellenlänge von 1,064 μm ; es kann jedoch auch eine Frequenz verdoppelte, verdreifachte bzw. vervierfachte Strahlung verwendet werden. Die Pulsfrequenz beträgt einige Kilohertz und liegt zwischen 1 kHz und 50 kHz, vorzugsweise bei 20 kHz bis 50 kHz mit einer gemittelten Durchschnittsleistung zwischen 10 W und 200 W, vorzugsweise von 60 W. Der Flüssigkeitsstrahl, vorzugsweise ein Wasserstrahl, wird mit einer Düse typischerweise mit einem Durchmesser von 10 μm bis 100 μm erzeugt; gute Ergebnisse sind mit einem Flüssigkeitsstrahldurchmesser von 50 μm erreicht worden. Vor der den Flüssigkeitsstrahl formenden Düse herrscht ein Druck zwischen 10 und 700 bar, vorzugsweise von 300 bar.

Bei Wasser als Flüssigkeit für den Flüssigkeitsstrahl verwendet man vorzugsweise deionisiertes Wasser. Das Wasser sollte einen hohen Reinheitsgrad aufweisen, kann aber mit Zusätzen leitfähig gemacht werden; auch können Materialien beigegeben werden, welche die freie Flüssigkeitsstrahllänge verlängern. Es können aber auch andere Flüssigkeiten mit den oben angeführten Eigenschaften verwendet werden.

Wie oben ausgeführt, können mit einer im Flüssigkeitsstrahl geleiteten Laserstrahlung nahezu Mikroriss-freie Furchen erzeugt werden. Ein Halbleiterwafer hat typischerweise eine Dicke d_{uw} von 700 μm dick, um eine gute Handhabung zu gewährleisten und auch um eine gute Planizität zu erreichen. Die in der Oberseite des Wafers integrierten elektronischen Schaltungseinheiten (Chips) weisen jedoch bei einigen Chiptypen nur eine Dicke d_{cz} zwischen typischerweise 50 μm und 150 μm auf. Der anfänglich noch "dicke"

Wafer muss also auf diese Dicke d_c bis zum Endzustand heruntergeschliffen werden, um die elektronischen Schaltkreiseinheiten weiterverarbeiten zu können (um Platz zu sparen, mechanische Flexibilität aufzuweisen, eine Wärmeabfuhr durch den Chip zu gewährleisten, als halbleiteraktive Schicht [Stromdurchgang] zu wirken). Wird der Wafer
5 gemäß Stand der Technik heruntergeschliffen, so bildet sich an den Waferaussenkan-
ten eine spitz zusammenlaufende Kante **20**, eine sogenannte "knife-edge" (Messerkante). Von dieser "knife-edge" gehen nun bevorzugt Mikrorisse aus, welche sich in den Wafer fortpflanzen und somit dessen einwandfreie Funktion schädigen können. Eine derartige Messerkante **20** ist in **Figur 2** angedeutet.

10 Der abzutrennende Waferrandbereich **16** entspricht etwa der halben Wanddicke d_{uw} des noch nicht abgeschliffenen Wafers **7**. In dem hier erwähnten Beispiel hat der Randbereich eine Breite zwischen 0,1 mm und 5 mm.

In **Figur 2** ist nun ein Halbleiterwafer **7** mit einer ursprünglichen Dicke d_{uw} von etwa 700 μm dargestellt. Im Bereich **9** seiner Oberseite **10** ist eine Vielzahl von nicht im Einzelnen dargestellten elektronischen Schaltkreiseinheiten **22** vorhanden. Die elektronischen Schaltkreiseinheiten **22** befinden sich direkt an der Oberfläche des Wafers **7**.
15 Damit sich beim Dünnen des Wafers **7** auf eine Schicht **12** mit der späteren Chipdicke von typischerweise zwischen 50 μm und 150 μm keine Mikrorisse, ausgehend vom Waferaussenrand **11**, bilden können, wird beginnend von der Waferoberseite **10** eine Rand-
20 furche **13** mit einer in einem Flüssigkeitsstrahl geleiteten Laserstrahlung eingebracht. Die Tiefe d_{rf} der Randfurche **13** wird so gross gewählt, dass der Furchenboden **15** tiefer liegt als die Dicke d_c des endgültigen Wafers (Schicht **12**) ist. Anschliessend wird ausgehend von der Rückseite **14** des Wafers **7** abgeschliffen bis die vorgegebene Waferrestdicke d_c entsprechend der geforderten Dicke der elektronischen Schaltkreiseinheiten erreicht ist. Da die Randfurche **13** tiefer ist als die geforderte Dicke und über den
25 Furchenboden **15** hinaus abgeschliffen worden ist, fällt der Randbereich **16** des Wafers **7** ab. Im Randbereich **16** eventuell bei Dünnschleifen entstandene Mikrorisse, was jedoch eher unwahrscheinlich ist, da die sich bildende Schneide einen bedeutend stumpferen Schneidwinkel aufweist als beim Stand der Technik, können sich über die
30 Randfurche **13** in den restlichen Wafer nicht ausbreiten. Die Aussenkante des Wafers **1** ist nun die "innere" Seitenwand **17** der Randfurche **13**. Beim vorangehenden Dünnschleifen fällt hier nämlich der Randbereich **16** bereits ab, bevor sich eine scharfe Messerkante **20** bilden würde. Sollten sich eventuell Mikrorisse von der noch stumpfen

Randkante ausgehend ausbilden, so hätten diese einen bedeutend längeren Weg, um zu den Halbleiterschaltetelemente vorzudringen. Ein gemäss diesem Verfahren hergestellter Chip hat so gut wie keine Mikrorisse durch den Dünnungsvorgang erhalten.

Man kann jetzt nicht nur die Waferrandbereiche unter Erzeugung einer Mikroriss-freien Aussenseite **17** mit der im Flüssigkeitsstrahl geleiteten Laserstrahlung vom inneren Waferbereich trennen, sondern auch eine Vereinzelung (Trennung) der elektronischen Schaltkreiseinheiten vornehmen. Hierzu wird der Wafer **1** auf eine Dicke d_c abgeschliffen, welche den später vereinzelt elektronischen Schaltkreiseinheiten entspricht; vorzugsweise wird nach Verwendung des oben angeführten Randbereichabtrennens gedünnt.

Entlang der Begrenzungen der elektronischen Schaltkreiseinheiten werden, wie in **Figur 3** gezeigt, mit der im Flüssigkeitsstrahl geleiteten Laserstrahlung Vereinzelungsfurchen **19** mit einer Furchentiefe d_{Fc} zwischen 50% und 98% des gedünnten Wafers eingebracht. Sehr gute Ergebnisse werden mit einer Furchentiefe d_{Fc} von 80% der gedünnten Waferdicke d_c erreicht. Zum Vereinzeln wird dann der Wafer einer Biegebruchspannung ausgesetzt, wobei beim Bruch nahezu alle Chips **22** auf einmal herausbrechen. Dieser spontane Bruch in sämtlichen Furchen erklärt sich durch die orthogonale Kristallausrichtung des Wafers, welche parallel zu den Chipkanten verläuft.

Eine Bruchwahrscheinlichkeit, hervorgerufen durch Störstellen (wie es nun einmal Mikrorisse sind), wird durch die charakteristische Weibull-Festigkeit bzw. durch den Weibull-Modulus angegeben.

Es wird eine dimensionslose Zahl p_s zur Charakterisierung der Schwankungen von gemessenen Festigkeitswerten bei brüchigen bzw. spröden Materialien mit Fehlern, Rissen, Schwachstellen usw. verwendet. p_s gibt eine "Überlebenswahrscheinlichkeit" an, mit der ein Element mit dem Volumen V_0 eine angelegte mechanische Biegespannung σ übersteht.

$$p_s(V_0) = \exp \{-(\sigma / \sigma_0)^m\}$$

wobei σ_0 eine normierte Biegespannung und m der Weibull-Modulus ist. (Beton z.B. hat einen Weibull-Modulus von etwa 5.) Ein Weibull-Modulus m von zum Beispiel 5 besagt, dass die gemessenen zum Bruch führenden Biegespannungen etwa um +/- 30% variieren. Eine gesinterte Keramik z. B., bei der die Störstellen annähernd gleichmässig ver-

teilt sind, hat einen Weibull-Modulus m von 10 bis 15 mit einer Biegespannungsbruchvariation von etwa $\pm 10\%$. Je höher der Weibull-Modulus m ist desto weniger Störstellen hat das Material.

Die charakteristische Weibull-Festigkeit und der Weibull-Modulus werden für die drei
5 folgenden Verfahren bei der Vereinzelung von Chips aus einem Wafer ermittelt:

- A. "dicing after grinding": Der Wafer wird gedünnt und aufgeklebt. Der gedünnte Wafer wird mit einer Säge oder mittels Ätzen an den Begrenzungen der elektronischen Schaltkreiseinheiten vollständig durchtrennt ("dicing after grinding").
- 10 B. Der ungedünnte Wafer wird von der die elektronischen Schaltkreiseinheiten tragenden Oberfläche ausgehend eingefurcht, wobei die Furchentiefe grösser ist als die Dicke der späteren, gedünnten Einheiten; anschliessend wird ausgehend von der Waferrückseite über den Furchenboden abgeschliffen.
- 15 C. Der gedünnte Wafer wird mit im Flüssigkeitsstrahl geleiteter Laserstrahlung gefurcht, wobei die Furchen eine Tiefe von mehr als der halben Waferdicke haben. Anschliessend wird der Wafer in Chips gebrochen.

In **Figur 4** ist die charakteristische Weibull-Festigkeit für die obigen drei Verfahren A bis C dargestellt. Der jeweils mittlere Balken mit dem Index "2" gibt einen Durchschnittswert an, während die hierzu links und rechts liegenden Balken (Index "1" und "3") einen statistischen Vertrauensbereich von 90% angeben. Beim erfindungsgemässen Chip-Vereinzelungs-Verfahren C wird ein Durchschnittswert C_2 von 810 MPa erreicht, während bei den Verfahren A und B lediglich Durchschnittswerte A_2 bzw. B_2 von 380 MPa bzw. von 530 MPa erreicht werden. Bei dem erfindungsgemässen Verfahren liegt somit die Weibull-Festigkeit um etwa 50 % höher als bei den bekannten Verfahren.

25 Dass die erhöhte Bruchfestigkeit bei mit im Flüssigkeitsstrahl geleiteter Laserstrahlung gegenüber den Verfahren A und B auf eine signifikante Reduzierung von Störstellen (was hier nur Mikrorisse sein können) zurückzuführen ist, ergibt sich aus **Figur 5**. In **Figur 5** ist der Weibull-Modulus m für die drei Chip-Vereinzelungs-Verfahren aufgetragen. Für das Verfahren A ergibt sich ein mittlerer Wert von $m = 2,7$, für das Verfahren B von $m = 2,9$ und für das Furchen mit im Flüssigkeitsstrahl geleiteter Laserstrahlung von $m = 13,6$. Das erfindungsgemässe Verfahren erzeugt somit im Verhältnis zu den bekannten Verfahren äusserst wenig Störstellen.

Das erfindungsgemässe Chip-Vereinzelungs-Verfahren sowie das erfindungsgemässe Randabtrenn-Verfahren ist nicht nur besser als die bekannten Verfahren; es erlaubt sogar eine höhere Geschwindigkeit zur Erzeugung der Vereinzelung bzw. der Abtrennungen. **Figur 6** zeigt erreichbare Schnittgeschwindigkeiten für ein Trennen mit einer Diamantsäge, für ein Trennen mit einem freien UV-Laser und mit im Flüssigkeitsstrahl geleiteter Laserstrahlung. Unter einen "freien" Laser wird ein Laserstrahl verstanden, der nicht geführt ist, d.h. er verläuft in Luft und wird mit einer Fokussierlinse auf eine zu bearbeitende Oberfläche eines Werkstücks fokussiert. Aus **Figur 6** ist erkennbar, dass die Verwendung einer im Flüssigkeitsstrahl geleiteten Laserstrahlung gemäss oben genannten Spezifikationen bis zu einer Waferdicke von zirka 140 µm das schnellere Trennverfahren ist. Es sei hier erwähnt, dass mit dem freien Laser (also mit einer nicht in einem Flüssigkeitsstrahl geführten Laserstrahlung) getrennte Chips eine sehr kleine Kantenbruchfestigkeit aufweisen, welche sich durch das Eindringen von thermisch bedingten Spannungen und Mikrorissen in die Schnittkanten erklären lassen sollte. Bei einer im Flüssigkeitsstrahl geführten Laserstrahlung treten diese thermisch bedingten Spannungen nicht mehr auf.

Würde die Laserstrahlung zur Erzeugung der Furchen direkt, d.h. ohne in einem Flüssigkeitsstrahl geführt zu sein, auf die Waferoberfläche gelenkt, so ergäbe sich ein Auswurf, der sich auf der Waferoberseite anlagern würde. Die Chips würden eine verschmutzte Oberfläche erhalten. Dieser Schmutz müsste dann mechanisch eventuell auch unter Zuhilfenahme chemischer Mittel entfernt werden. Man könnte allerdings auch in einem weiteren Arbeitsgang eine später wieder entfernbare Schutzschicht aufbringen. Bei der Verwendung einer in einem Flüssigkeitsstrahl geführten Laserstrahlung ergeben sich diese Probleme nicht, auch ist dieser zusätzliche Arbeitsschritte nicht notwendig.

Vorzugsweise wird der zur Laserstrahlungsführung vorgesehenen Flüssigkeitsstrahl während des gesamten Bearbeitungsvorgangs laufen gelassen. Lediglich die Laserstrahlung wird dann jeweils zum Materialabtrag eingeschaltet. Auf dem Wafer bildet sich hierdurch eine Flüssigkeitsschicht. Diese Flüssigkeitsschicht muss nun dick genug sein, um bei eingeschaltetem Laser aus der Furche ausgeworfenes Material am Absetzen auf der Waferoberfläche zu hindern. Sie muss aber wiederum so dünn sein, dass die Laserstrahlung nur geringfügigst gestreut wird. Ist diese optimale Flüssigkeitsschicht erzeugt, wird die Laserstrahlung in den Flüssigkeitsstrahl eingekoppelt, zugeschaltet bzw. einge-

schaltet und die dann im Flüssigkeitsstrahl geleitete Laserstrahlung furchenbildend in einer relativen Bewegung über den Wafer verfahren.

Je nach verwendetem Durchmesser des Flüssigkeitsstrahls und vorgegebener relativer Verfahrensgeschwindigkeit kann es sein, dass sich die obigen Anforderungen an die optimale Flüssigkeitsschicht gegenseitig ausschliessen. Bei einer im Wesentlichen überall gleich dicken Flüssigkeitsschicht kann es nämlich sein, dass die maximal erlaubte Dicke der Flüssigkeitsschicht, welche eine gute Transmission der Laserstrahlung gestattet, kleiner ist als die minimal notwendige Dicke, damit die Werkstückoberfläche nicht stellenweise austrocknet und das aus der Furche ausgeworfene Material sich festsetzt. Soll eine Flüssigkeitsschicht erzeugt werden, welche genügend dick ist, damit keine Ablagerungen entstehen können, muss ein verhältnismässig dicker Flüssigkeitsstrahl erzeugt werden, durch den dann die Laserstrahlung nicht mehr in einer guten Strahlkonfiguration hindurch transmittiert. Wird die Flüssigkeitsschicht jedoch genügend dünn gewählt, damit die Laserstrahlung mit ausreichender Leistung transmittiert, ist nicht mehr gewährleistet, dass die betroffenen Oberflächenbereiche des Werkstücks stets mit der Flüssigkeit überspült sind; eventuell ist auch ein derart dünner Strahl mit der geforderten Strahlstabilität nicht herstellbar.

Die Flüssigkeitsschicht wird daher mit Vorteil derart erzeugt, dass ihre Dicke nicht überall gleich ist. Die Flüssigkeitsschicht wird bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung derart erzeugt, dass ihre Dicke in einem Bereich rund um den Bearbeitungsort, nachfolgend als Arbeitsbereich bezeichnet, kleiner ist als ihre Dicke ausserhalb des Arbeitsbereichs. Die Dicke der Flüssigkeitsschicht im Arbeitsbereich wird nachfolgend als erste Dicke und die Dicke der Flüssigkeitsschicht ausserhalb des Arbeitsbereichs als zweite Dicke bezeichnet.

Indem nun auf der Oberfläche des Wafers eine Flüssigkeitsschicht erzeugt wird, welche im Bereich des Bearbeitungsortes dünner ist als ausserhalb des Arbeitsbereichs, können elegant gleichzeitig beide Forderungen erfüllt werden. Im Arbeitsbereich und insbesondere im Bearbeitungsort wird die Dicke der Flüssigkeitsschicht derart gewählt, dass eine ausreichende Laserstrahlungsleistung auf die Werkstückoberfläche aufgebracht werden kann. Die Dicke der Flüssigkeitsschicht ausserhalb des Arbeitsbereichs wird derart gewählt, dass kein Bereich der Werkstückoberfläche austrocknet und dass keine Materialpartikel in flüssigem, teilweise flüssigem oder festem Zustand die Flüssigkeitsschicht durchdringen können. Gleichzeitig ist auch sichergestellt, dass sich auf der

Oberfläche des Werkstücks in dem Bereich, in welchem es bearbeitet wird, immer eine Flüssigkeitsschicht befindet, welche das Werkstück kühlt. Ebenso können allfällige Dämpfe und Gerüche, welche bei der Bearbeitung des Werkstücks entstehen, effektiv gebunden werden. Die optischen Abbildungsbedingungen werden durch die geringe
5 Dicke der Flüssigkeitsschicht im Arbeitsbereich nicht oder nur unwesentlich beeinflusst bzw. verschlechtert.

Zur Erzeugung der Flüssigkeitsschicht können verschiedenste Flüssigkeiten wie beispielsweise Öle, insbesondere Öle aus der Silikongruppe oder Flüssigkeiten, wie sie bei Flüssigkeitsfasern eingesetzt werden, verwendet werden. Typischerweise wird zur Er-
10 zeugung der Flüssigkeitsschicht dieselbe Flüssigkeit verwendet wie für den Flüssigkeitsstrahl, in welchen die Laserstrahlung eingekoppelt ist. Mit Vorteil wird Wasser verwendet, welches praktisch überall vorhanden, günstig in der Beschaffung und, im Gegensatz zu Ölen, im Allgemeinen als umweltneutral anzusehen ist.

Je nach gefordertem Reinheitsgrad kann das Wasser, das für die Erzeugung der Flüssigkeitsschicht verwendet wird, auch noch gereinigt und/oder deionisiert werden. Da-
15 durch kann beispielsweise auch verhindert werden, dass die Waferoberfläche durch das Wasser bzw. irgendwelche Inhaltsstoffe des Wassers wie z.B. gelöste Salze, verunreinigt wird. Es ist auch möglich, das Wasser (z.B. auch das gereinigte und/oder deionisierte Wasser) elektrisch leitfähig zu machen, indem beispielsweise Kohlendioxid (CO_2)
20 eingeleitet wird. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn der Auswurf elektrisch geladen ist und/oder wenn bei der Bearbeitung des Wafers elektrostatische Spannungen entstehen, welche abgeleitet werden sollen.

Die Verwendung einer elektrisch leitfähigen Flüssigkeit, wie beispielsweise elektrisch leitfähiges Wasser, hat einen weiteren Vorteil. An der Waferoberfläche liegende elektro-
25 nische Schaltkreiseinheiten, die auf elektrostatische Spannungen empfindlich sind, können durch die Verwendung einer elektrisch leitfähigen Flüssigkeit nämlich vor elektrostatischen Ladungen geschützt werden, da derartige Ladungen durch die Flüssigkeitsschicht abgeleitet werden.

Die Dicke der Flüssigkeitsschicht wird vorzugsweise dadurch beeinflusst, dass der Flüssigkeit Stoffe zugesetzt werden, welche deren Oberflächenspannung beeinflussen, d.h.
30 je nach Anwendung erhöhen oder erniedrigen. Die Dicke der Flüssigkeitsschicht steigt mit einer Erhöhung der Oberflächenspannung. Je nach verwendeter Flüssigkeit können

dies sehr unterschiedliche Stoffe sein. Bei der Verwendung von Wasser können zur Erniedrigung der Oberflächenspannung beispielsweise Tenside beigelegt werden.

Die Erzeugung der Flüssigkeitsschicht kann grundsätzlich auf verschiedene Arten erfolgen. Dies könnte beispielsweise erfolgen, indem zunächst eine regelmässig dicke

- 5 Schicht erzeugt wird, deren Dicke im Bereich des Bearbeitungsortes z.B. durch einen darauf gerichteten Luftstrahl reduziert wird. Wird die Strömungsgeschwindigkeit und der Druck des Luftstrahls geeignet gewählt, verdrängt dieser einen Teil der Flüssigkeit im Arbeitspunkt und schafft auf diese Weise die dünnere Flüssigkeitsschicht im Arbeitsbereich. Bei dieser Variante kann die so erzeugte dünne Flüssigkeitsschicht allerdings
- 10 Unregelmässigkeiten aufweisen, was zu einer unerwünscht unregelmässigen Bearbeitung des Werkstücks führen kann. Zudem kann auch der Flüssigkeitsstrahl und damit die darin eingekoppelte Laserstrahlung durch einen solchen Luftstrom gestört werden.

- Bei einer bevorzugten Variante wird die Flüssigkeitsschicht mit einer ersten Flüssigkeitszuführvorrichtung, beispielsweise einer Düse oder einem Rohr, erzeugt. Die Flüssig-
- 15 keitsschicht wird derart erzeugt, dass die Flüssigkeit in der Nähe des Bearbeitungsortes auf das Werkstück aufgebracht wird. Nachfolgend wird in diesem Zusammenhang von einem aufgetragenen Flüssigkeitsstrahl gesprochen, wobei dieser Begriff einzelne Flüssigkeitsstrahlen oder eine Mehrzahl von Einzelstrahlen beliebigen Querschnitts umfassen soll. D.h. unter diesem Begriff sollen nicht nur Flüssigkeitsstrahlen mit kreisförmigem Querschnitt verstanden werden. Auch Flüssigkeitsvorhänge, wie sie beispielsweise
- 20 von Schwall- und Fächerdüsen erzeugt werden, sollen unter diesem Begriff subsummiert werden.

- Trifft ein solcher Flüssigkeitsstrahl auf die Werkstückoberfläche, fliesst die Flüssigkeit auf der Oberfläche in mehr oder weniger sämtliche Richtungen ab, wobei die Fliessgeschwindigkeit mit zunehmender Entfernung vom Auftreffpunkt abnimmt. Die höchste
- 25 Fliessgeschwindigkeit und die kleinste Schichtdicke weist die Schicht nahe dem Auftreffpunkt auf. Unterschreitet die Fliessgeschwindigkeit bei zunehmender Entfernung vom Auftreffpunkt eine kritische Geschwindigkeit, erhöht sich die Dicke der Flüssigkeitsschicht.

- 30 Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird zur Erzeugung der Flüssigkeitsschicht eine zweite Flüssigkeitszuführvorrichtung, beispielsweise eine oder eine Mehrzahl von Düsen, verwendet. Die zweite Flüssigkeitszuführvorrichtung ist derart ausgebildet, dass auf der Oberfläche des Werkstücks eine träge, regelmässige Flüssigkeits-

schicht der zweiten Dicke entsteht, wobei träge in diesem Zusammenhang bedeutet, dass diese Flüssigkeitsschicht zwar fließt, dass die Fließgeschwindigkeit jedoch klein ist. Beide Flüssigkeitszuführvorrichtungen können sowohl einzeln als auch in Kombination verwendet werden. Werden sie einzeln verwendet, wird in den meisten Fällen eine
5 gleichmässig dicke Flüssigkeitsschicht erzeugt.

Mit Vorteil werden jedoch beide Flüssigkeitszuführvorrichtungen gleichzeitig verwendet. D.h. mit der zweiten Flüssigkeitszuführvorrichtung wird eine träge Flüssigkeitsschicht der zweiten Dicke erzeugt und gleichzeitig wird nun mit der ersten Flüssigkeitszuführvorrichtung in der Nähe des Arbeitspunktes - wie soeben beschrieben - ein Flüssigkeits-
10 strahl auf das Werkstück aufgebracht, um im Arbeitsbereich die Dicke der Flüssigkeitsschicht auf die erste Dicke zu reduzieren. Dieser Flüssigkeitsstrahl beeinflusst das Strömungsverhalten der Flüssigkeitsschicht derart, dass diese in dem Arbeitsbereich schneller strömt als ausserhalb dieses Bereichs. Dadurch wiederum reduziert sich die Höhe der Flüssigkeitsschicht im Arbeitsbereich, wobei sie ausserhalb davon im Wesentlichen
15 unbeeinflusst bleibt.

Die Eigenschaften des Flüssigkeitsstrahls, insbesondere dessen Auftreffwinkel auf der Waferoberfläche sowie dessen Durchflussmenge werden nun so gewählt, dass das Strömungsverhalten der Flüssigkeitsschicht derart beeinflusst wird, dass sich die Flüssigkeit in dem Bearbeitungsort um den Arbeitspunkt schießend und ausserhalb dieses
20 Bereichs strömend bewegt. Die Begriffe schießend und strömend sind in der Hydrodynamik für Flüssigkeiten wohldefiniert. Sie hängen mit der Froude-Zahl **FR** zusammen, welche bei einer fließenden (flachen) Flüssigkeit definiert ist als das Verhältnis der Fließgeschwindigkeit **v** der Flüssigkeit zur Fortpflanzungsgeschwindigkeit (Wellengeschwindigkeit) **c** von Schwerewellen, d.h. Oberflächenwellen auf der Flüssigkeitsoberfläche:
25

$$FR = v/c.$$

Die Wellengeschwindigkeit **c** ihrerseits kann ausgedrückt werden als Wurzel aus dem Produkt der Erdbeschleunigung **g** und der Flüssigkeitshöhe **h**:

$$c = \sqrt{g * h}.$$

30 Die Froude-Zahl **FR** ergibt sich somit zu

$$FR = v/\sqrt{g * h}.$$

D.h. eine Flüssigkeit bewegt sich strömend, wenn die Froude-Zahl **FR** zwischen 0 und 1 liegt. Ist sie grösser als 1, bewegt sich die Flüssigkeit schießend. (Bei einem stehenden Gewässer ist die Froude-Zahl **FR** folglich gleich 0.)

5 Durch das Auftreffen des Flüssigkeitsstrahls auf der Flüssigkeitsschicht wird in diesem Bereich das Strömungsgleichgewicht der Flüssigkeitsschicht gestört und die Flüssigkeit fließt auf der Waferoberfläche rund um den Auftreffpunkt des Flüssigkeitsstrahls schießend ab. Diese schießende Bewegung wird in einem bestimmten Bereich aufrechterhalten und geht danach nahezu sprunghaft in eine strömende Bewegung der Flüssigkeit über. Diesen mehr oder weniger abrupten Wechsel von schießender zu strömender
10 Bewegung bzw. umgekehrt nennt man Wechselsprung.

Um die gewünschten Strömungsverhältnisse mit der schießenden und der strömenden Bewegung der Flüssigkeit zu erreichen, wird der Flüssigkeitsstrahl bei einer bevorzugten Ausführungsform derart erzeugt, dass er bei einer Durchflussmenge von 20 ml/min bis 500 ml/min einen Durchmesser zwischen 0,5 mm und 4 mm aufweist, wobei er von
15 oben in einem Auftreffwinkel zwischen 45° und 90° auf die Flüssigkeitsschicht aufgebracht wird.

Aus der nachfolgenden Detailbeschreibung und der Gesamtheit der Patentansprüche ergeben sich weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Merkmalskombinationen der Erfindung.

20 **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

Die zur Erläuterung der Ausführungsbeispiele verwendeten Zeichnungen zeigen in

Fig. 1 einen schematischen Versuchsaufbau zur Ermittlung einer zum Bruch führenden Biegekraft eines mit Furchen versehenen Wafers,

25 Fig. 2 einen noch nicht gedünnten Wafer mit in seinem Randbereich eingebrachter Furche,

Fig. 3 eine Draufsicht auf die Oberseite eines bereits gedünnten Wafers, dessen Randbereiche entfernt sind und dessen elektronische Schaltkreiseinheiten bereits mittels Furchen zur Vereinzelung vorbereitet sind,

30 Fig. 4 die charakteristische Weibull-Festigkeit für Wafer mit unterschiedlichen Vereinzelungsverfahren,

- Fig. 5 den Weibull-Modulus eines Wafers, bearbeitet mit unterschiedlichen Vereinzelungsverfahren analog zu **Figur 4**,
- Fig. 6 eine Vergleichsdarstellung von Schnittgeschwindigkeit eines Wafers über der Waferdicke, wobei die Schnitte mit einem freien UV-Laserstahl, einer Diamantsäge sowie mit im Flüssigkeitsstrahl geleiteter Nd: YAG-Laserstrahlung vorgenommen worden sind,
- Fig. 7 eine schematische Darstellung zum erfindungsgemässen Einbringen von Furchen in eine elektronische Schaltkreiseinheiten tragende Oberfläche eines Wafers und
- Fig. 8 eine Vergrößerung des Auftreffortes des die Laserstrahlung leitenden Flüssigkeitsstrahls bei der Furchenbildung.

Wege zur Ausführung der Erfindung

Wesentliche Merkmale des erfindungsgemässen Randabtrennungsverfahrens und des Chipvereinzelungsverfahrens sind bereits eingangs aufgeführt.

- In **Figur 7** ist eine Vorrichtung dargestellt, mit der Halbleiterwafer unter Verwendung des erfindungsgemässen Verfahrens bearbeitet werden können. Der zu bearbeitende Wafer trägt hier das Bezugszeichen **21**. Bei diesem Wafer **21** sind bereits die Waferrandbereiche (analog zu den Randbereichen **16** in **Figur 2**) dadurch entfernt worden, dass in den dicken Wafer mit einer typischen, hier beispielsweise Dicke d_{uw} von 700 μm , wie bereits eingangs geschildert, eine Randfurche mit einer in einem Flüssigkeitsstrahl geleiteten Laserstrahlung eingeschnitten worden ist. Die Randfurchentiefe d_{rf} ist grösser gewählt worden als die Dicke d_c der die elektronischen Schaltkreiseinheiten **22** tragenden Schicht **23** (analog zur Schicht **12** in **Figur 2**). Nach dem Abschleifen der 700 μm dicken Schicht auf die in **Figur 7** dargestellte Schichtdicke d_c ist der Randbereich abgefallen, ohne dass sich Mikrorisse in den restlichen Wafer **21** (= der die Chips tragende Teil des Wafers) ausbreiten konnten. Eine in der Regel Mikrorisse erzeugende Messerkante **20** ist gemäss obigen Ausführung nicht gebildet worden, da der Randbereich **16** bereits abgefallen ist. Das Einbringen der in **Figur 7** nicht dargestellten Randfurche ist analog zu dem nachfolgend aufgezeigten Verfahren durchführbar.

Der nun gedünnte Wafer **21** ist auf einem Träger **24** gehalten. Der Wafer **21** wird beispielsweise durch einen Druckunterschied ober- und unterhalb des Trägers **24** auf diesem gehalten. Oberhalb des Trägers **24** herrscht beispielsweise der Umgebungs- oder Atmosphärendruck. Unterhalb des Trägers **24** wird ein mehr oder weniger starker Unterdruck erzeugt. Da der Träger **24** eine adhäsive Schicht enthält, wird der Wafer **21** auf dessen Oberfläche festgehalten.

Zum Vorbereiten einer Vereinzelung der elektronischen Schaltungseinheiten **22** (Waferbereiche) auf dem Wafer **21** werden in diesen Vereinzelungsfurchen **25**, analog zu den bereits oben erwähnten Randfurchen **19**, entlang der Einheitenränder eingebracht. Die Vereinzelungsfurchen, wie auch die Randfurchen **19** werden mittels eines über die Waferoberfläche entsprechend geführten Flüssigkeitsstrahls **27** erzeugt, in dessen Innerem analog zu einem Strahlungsleiter (Lichtleiter) die Strahlung **29** eines Lasers geleitet wird. Die Laserstrahlung füllt den gesamten Flüssigkeitsquerschnitt des Flüssigkeitsstrahls **27** aus. In **Figur 7** ist die Laserstrahlung im Flüssigkeitsstrahl schematisch (nicht ganz richtig, jedoch dann gut erkennbar) als Linie **29** gezeichnet. Als Flüssigkeit wird man in der Regel Wasser verwenden, was jedoch mit Blick auf die eingangs gemachten Bemerkungen nicht zwingend ist.

Der auf dem Träger **24** gehaltene Wafer **21** kann relativ gegenüber dem die Laserstrahlung leitenden Flüssigkeitsstrahl verfahren werden. Auch ist die Laserstrahlung sowie der Flüssigkeitsstrahl kurzzeitig ein- und ausschaltbar. Die Laserleistung wird im Bereich einer den Flüssigkeitsstrahl formenden Düse eingekoppelt. Der die Laserstrahlung leitende Flüssigkeitsstrahl strömt in der Düsenachse aus.

Die Furchenbreite richtet sich nach der verwendeten Laserenergie und dem Durchmesser des erzeugten Flüssigkeitsstrahls. Die Furchenbreite liegt bei einigen zehn Mikrometern und liegt hier bei etwa 45 µm. Zur Erzeugung der Laserstrahlung ist hier beispielsweise ein mit 50 kHz gepulster Nd:YAG-Laser mit einer gemittelten Leistung von 80 W verwendet worden.

Düsenachse und Wafer **21** werden nun derart relativ aufeinander ausgerichtet, dass die Düsenachse auf einen Bearbeitungsort **31** trifft, der der Anfangsort einer Trennung zwischen zwei elektronischen Schaltungseinheiten **22** bzw. zwei Elementenreihen ist. Ausgehend von diesem Anfangsort werden dann Wafer und Düsenachse in Richtung einer zu erzeugenden Furche bewegt; der Anfangsort ist somit der Furchenbeginn.

Am Anfangsort kann nun zur Furchenerzeugung unterschiedlich vorgegangen werden.

Die Düsenachse bzw. der Wafer werden relativ zueinander derart bewegt, dass die Düsenachse immer den betreffenden Materialablationsort trifft. Während des gesamten Bearbeitungsvorgangs bleibt der Flüssigkeitsstrahl immer eingeschaltet, lediglich die Laserstrahlung wird entsprechend der vorzunehmenden Materialablation geschaltet. Durch die Laserstrahlung wird dann das Wafermaterial unter Bildung der Furche abgetragen und das abgetragene Material mit der Flüssigkeit des Flüssigkeitsstrahls weggespült. Gleichzeitig kühlt die Flüssigkeit die Abtragungsbereiche. Umliegendes Material wird somit thermisch äusserst gering beansprucht. Diese geringe thermische Beanspruchung ist verantwortlich, dass so gut wie keine Mikrorisse entstehen, welche sich in den elektronischen Schaltkreiseinheiten **22** ausbreiten könnten.

Der Flüssigkeitsstrahl hat somit am Bearbeitungsort einen dünnen Flüssigkeitsfilm gebildet, der für einen Materialabtransport des Furchenmaterials vorteilhaft ist.

Auf der Oberfläche **33** des Wafers **21** wird eine Flüssigkeitsschicht **34** erzeugt, welche in einem Bereich um den Arbeitspunkt **31** herum, dem sogenannten Arbeitsbereich **35**, dünner ist als ausserhalb des Arbeitsbereichs **35**. Die Flüssigkeitsschicht **34** im Arbeitsbereich **35** wird nachfolgend als Arbeitsschicht **37** der Dicke **39** und jener Bereich der Flüssigkeitsschicht **34** ausserhalb des Arbeitsbereichs **35** als Spülschicht **40** mit einer Dicke **41** bezeichnet.

Die unterschiedlich dicke Flüssigkeitsschicht **34** kann nun mit der Flüssigkeit des Flüssigkeitsstrahls **27** erzeugt werden, vorzugsweise wird man aber eine weitere Flüssigkeitszuführung vorsehen, welche hier beispielsweise durch den Flüssigkeitsstrahl **43** angedeutet ist. Der Flüssigkeitsstrahl **43** wird in der Nähe des Bearbeitungsortes **31** im Arbeitsbereich **35** auf die Waferoberfläche **33** aufgebracht. Eine Distanz **44** des Auftreffortes **45** des Flüssigkeitsstrahls **43** zum Bearbeitungsort **31** darf weder zu gross noch zu klein gewählt werden. Die Bandbreite einer Auswahltoleranz ist jedoch ziemlich gross bemessen. Es ist in der Regel nur darauf zu achten, dass sich der Bearbeitungsort **31** innerhalb des Arbeitsbereichs **35**, d.h. innerhalb des Bereichs der Flüssigkeitsschicht **37** mit der Dicke **39** befindet.

Es ist jedoch zu beachten, dass eine relative Geschwindigkeit bei der Furchenbildung die Wahl der Distanz **44** beeinflusst.

Der Fluss der aufgetragenen Flüssigkeit ist durch die Pfeile angedeutet. Ein Auftreffwinkel **47** und die Durchflussmenge des Flüssigkeitsstrahls **43** können variiert werden. Sie werden derart gewählt, dass sich die Flüssigkeit in der Arbeitsschicht **37** schießend (Froude-Zahl grösser als 1) und in der Spülschicht **40** strömend (Froude-Zahl kleiner als 1) bewegt, wobei der Übergang von der Arbeitsschicht **37** zur Spülschicht **40** mehr oder weniger sprunghaft verläuft.

Bei einem Wafer **21** mit einem Durchmesser von 200 mm bis 300 mm wird die Distanz **44** im Bereich von etwa 5 mm bis 50 mm gewählt. Der Flüssigkeitsstrahl **43** hat einen Durchmesser zwischen 0,5 mm und 4 mm. Mit einem Auftreffwinkel **47** zwischen 45° und 90° und einer Durchflussmenge des Flüssigkeitsstrahls **40** zwischen 20 ml/min und 500 ml/min liegt die Dicke **39** der Arbeitsschicht **37** im Bereich von 0,01 mm bis 0,5 mm und die Dicke **41** der Spülschicht **40** im Bereich von 0,5 mm bis 5 mm.

Figur 8 zeigt eine Ausschnittsvergrößerung um den Bearbeitungsort **31** herum. Die im Flüssigkeitsstrahl **27** geleitete Laserstrahlung **29** füllt den gesamten Strahl aus, was durch gestrichelte Linien angedeutet ist. Die Laserstrahlung **29** durchdringt die Arbeitsschicht **37**, trifft auf die Oberfläche **33** des Wafers **21** an Orten zur vorgegebenen Furchenerzeugung und bewirkt eine Materialabtragung. Bei der Materialabtragung bilden sich kleine Partikel **49**, welche dann von der schießend fließenden Arbeitsschicht **37** sogleich gekühlt und weggespült werden. Es wird hierdurch verhindert, dass sich Partikel **49** auf der Oberfläche **33** des Wafers **21** absetzen und sich dort wieder mit dem Wafer **21** verbinden. Diese Partikel **49** werden von der Arbeitsschicht **37** bis zur Spülschicht **40** und von dieser vom Wafer **21** weggespült. Durch die gewählte Dicke **41** der Spülschicht **40** ist sichergestellt, dass kein Bereich der Waferoberfläche austrocknet, sondern jederzeit mit einer Schicht der Flüssigkeit bedeckt ist; ein Absetzen von Partikeln **49** auch im äusseren Bereich des Wafers **21** ist somit wirksam verhindert worden. Das Resultat ist eine einhundert Prozent reine Oberfläche **33** des Wafers **21**.

Es ist zu beachten, dass der Flüssigkeitsstrahl **27** Luft an seiner Oberfläche mitreisst. Die vom Flüssigkeitsstrahl **27** mitgerissene Luft ist durch Pfeile **51** angedeutet. Diese mitgerissene Luft verdrängt beim Auftreffen des Flüssigkeitsstrahls **27** auf die Arbeitsschicht **37** einen Teil der Flüssigkeit dieser Schicht **37** rund um den Arbeitspunkt **31** herum, sodass der Flüssigkeitsstrahl **27** quasi verlängert wird. Der Flüssigkeitsstrahl **27** ragt sozusagen in den Arbeitsbereich **37** hinein und reicht fast bis zur Werkstückoberfläche.

che **33** herunter. Dadurch kann die Laserstrahlung länger in dem Flüssigkeitsstrahl **27** geführt werden, was geringere Energieverluste der Laserstrahlung zur Folge hat.

Zusätzlich zur Flüssigkeitszuführung durch den Flüssigkeitsstrahl **43** können weitere Flüssigkeitszuführungen vorgesehen werden, welche vorzugsweise in den Bereichen
5 der Spülschicht **40** vorgenommen werden. Die auf den Wafer aufgebrachte Flüssigkeit läuft an dessen Rändern ab und wird dort eingesammelt.

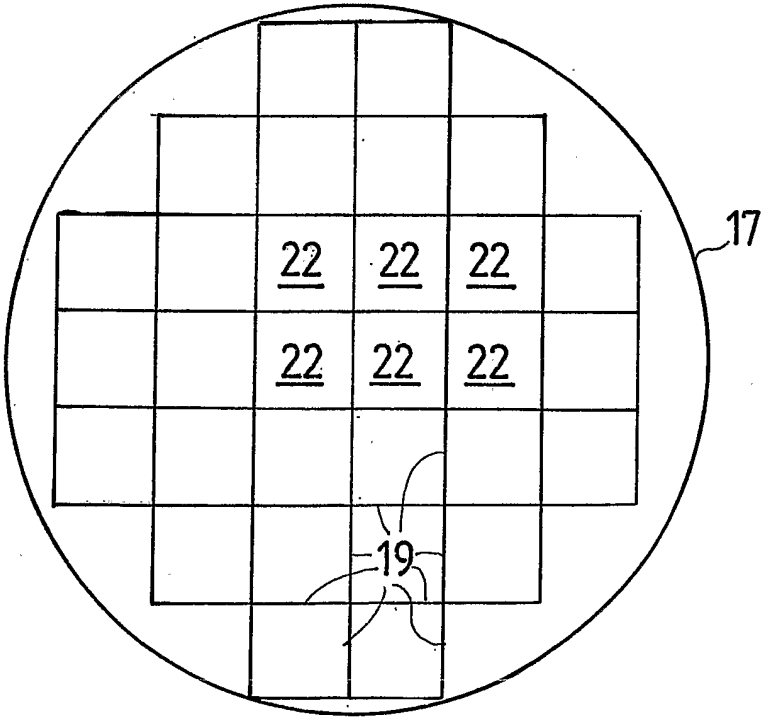
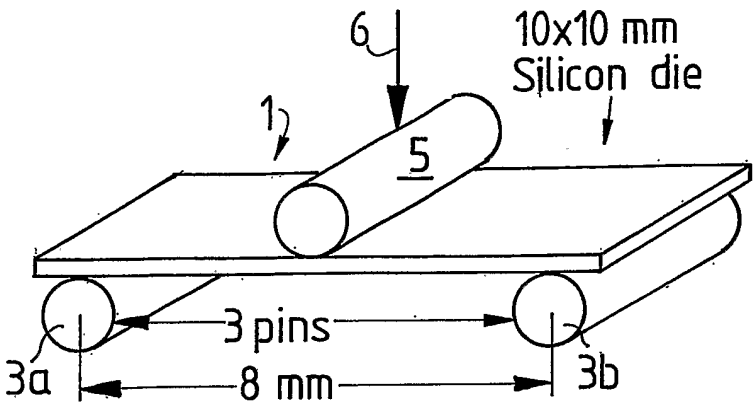
Patentansprüche

1. Verfahren zur Vereinzelung von auf einem Halbleiterwafer (7; 21) angeordneten elektronischen Schaltkreiseinheiten (Chips) (22), **dadurch gekennzeichnet**, dass
- 5 distanziert vom Halbleiterwafertrand (11) eine die Schaltkreiseinheiten (22) umschliessende Rundfurche (13) eingebracht wird, deren Furchentiefe (d_{Rf}) tiefer ist als eine spätere Dicke (d_c) der zu vereinzelnden Schaltkreiseinheiten (22), dann in einem nachfolgenden Arbeitsschritt der Wafer (7; 21) auf die Dicke (d_c) der Schaltkreiseinheiten (22) abgeschliffen wird, in dem der Randbereich (16) zwischen der Randfurche (13) und Halbleiterwafertrand (11) abfällt und anschliessend
- 10 erst die Vereinzelung vorgenommen wird, wobei im Gegensatz zum herkömmlichen Dünnen von einer sich dabei bildenden Wafer-Randschneide (20) am Halbleiterwafertrand (11) erfahrungsgemäss ausgehende Risse nun die Schaltkreiseinheiten (22) nicht mehr beschädigen können.
- 15
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vom Wafertrand (11) distanzierte Randfurche (13) mittels eines in Furchenlängsrichtung bewegten Laserstrahls, vorzugsweise mit in einem Wasserstrahl eingekoppelter Laserstrahl, eingebracht wird.
- 20
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Randfurche (13) im Randbereich (16) des Wafers (7; 21) etwa in einem Abstand der halben Waferdicke (d_{uw}), insbesondere in einem Abstand zwischen 0,1 und 5 mm, vom seitlichen Wafertrand (11) erzeugt wird.
- 25

4. Verfahren zur Vereinzelung von auf einem Halbleiterwafer (7, 21) angeordneten elektronischen Schaltkreiseinheiten (Chips) (22), insbesondere nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass an den Begrenzungen (19) der Schaltkreiseinheiten (22) bzw. zwischen benachbarten Schaltkreiseinheiten (22) Vereinzelungsfur-
- 5 chen (19; 25) ausgehend von der die Schaltkreiseinheiten (22) tragenden Oberfläche (9; 33) des Wafers (7; 21) mit vorgegebener Linienführung als Vorstufe des Vereinzelungsprozesses mit in einem Flüssigkeitsstrahl (27) geleiteter Laserstrahlung (29) eingebracht werden, wobei durch die Strahlungsenergie Wafermaterial zur Furchenbildung abgetragen und sich hierbei bildende Furchenseitenwände
- 10 (17) durch die Flüssigkeit des Flüssigkeitsstrahls (27) derart stark gekühlt werden, dass lediglich eine verschwindend kleine thermisch beanspruchte Furchenrandzone bildbar ist, wodurch bei der Furchenerzeugung sich keine bzw. nur verschwindend wenige (nahezu keine) Mikrorisse in den Furchenseitenwänden (17) bzw. ausgehend von diesen bilden, und die Vereinzelung der Schaltkreiseinheiten (22)
- 15 dann in einem nachfolgenden Arbeitsschritt vorgenommen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laserstrahlung (29) mit einem gepulsten Nd:YAG-Laser mit einer bevorzugten Pulsre-
- 20 petitionsfrequenz von einigen Kilohertz mit einer Durchschnittsleistung zwischen 10 W und 200 W erzeugt und die Laserstrahlung (29) in einem Wasserstrahl als Flüssigkeitsstrahl (27) geleitet wird, wobei der Flüssigkeitsstrahl (27) einen typischen Durchmesser zwischen 10 µm und 100 µm hat.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- 25 entlang der seitlichen Begrenzungen der Schaltkreiseinheiten mit der im Flüssigkeitsstrahl (27) geleiteten Laserstrahlung (29) Vereinzelungsfurchen (25) mit einer Furchentiefe (d_{Fc}) zwischen 50% und 98%, bevorzugt bei etwa 80% der Dicke (d_c) der später getrennten Schaltkreiseinheiten (22) erzeugt werden, und zur Vereinzelung der Schaltkreiseinheiten (22) der gefurchte Wafer (1, 7, 21) einer Biege-
- 30 bruchspannung ausgesetzt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zur Leitung der Laserstrahlung (29) vorgesehene Flüssigkeitsstrahl (27) auf die Waferoberfläche (9) gerichtet wird und die Laserstrahlung jeweils zum Materialabtrag zur Furchenbildung eingeschaltet wird, um auf der Waferoberfläche (33) im Bearbeitungsort und dessen unmittelbarer Umgebung eine dünne Flüssigkeitsschicht (37) mit typischerweise einer Dicke von 10 µm bis 500 µm mit einer schiessenden Strömung zu erzeugen, welche dick genug ist, um bei später eingeschalteter, im Flüssigkeitsstrahl geleiteter Laserstrahlung (29) aus der jeweiligen Furche (25) ausgeworfenes Material am Absetzen auf der Waferoberfläche (33) zu hindern, aber dünn genug ist, um diese Laserstrahlung (29) mit vorzugsweise weniger als 5% der Strahlungsleistung nur geringfügigst zu streuen und erst nach Bildung der dünnen Flüssigkeitsschicht (37) die Laserstrahlung (29) zugeschaltet bzw. eingeschaltet oder in den Flüssigkeitsstrahl (27) eingekoppelt und die dann im Flüssigkeitsstrahl (27) geleitete Laserstrahlung (29) furchenbildend über die Waferoberfläche entsprechend der seitlichen Begrenzungen der Schaltkreiseinheiten verfahren wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass neben der Flüssigkeit aus dem die Laserstrahlung (29) leitenden Flüssigkeitsstrahl (27) eine weitere Flüssigkeit (43) derart zugeführt wird, dass in unmittelbarer Umgebung des Bearbeitungsortes (31) zur Furchenbildung eine dünne, die Laserstrahlung (29) nicht merklich störende Flüssigkeitsschicht (37) vorhanden ist und ausserhalb des Bearbeitungsortes (31) eine Flüssigkeitsschicht (40) mit einer grösseren Flüssigkeitsdicke (41) gebildet wird, um bei der Furchenbildung ausgeworfenes Material sicher abzutransportieren, wobei die Strömung im Arbeitsbereich (35) des Flüssigkeits- Laserstrahls schiessend und diejenige im Flüssigkeitsbereich (40) der grösseren Dicke als Spülschicht mit einer bevorzugten Dicke zwischen 0,5 mm und 5 mm strömend ist.

1/4



2/4

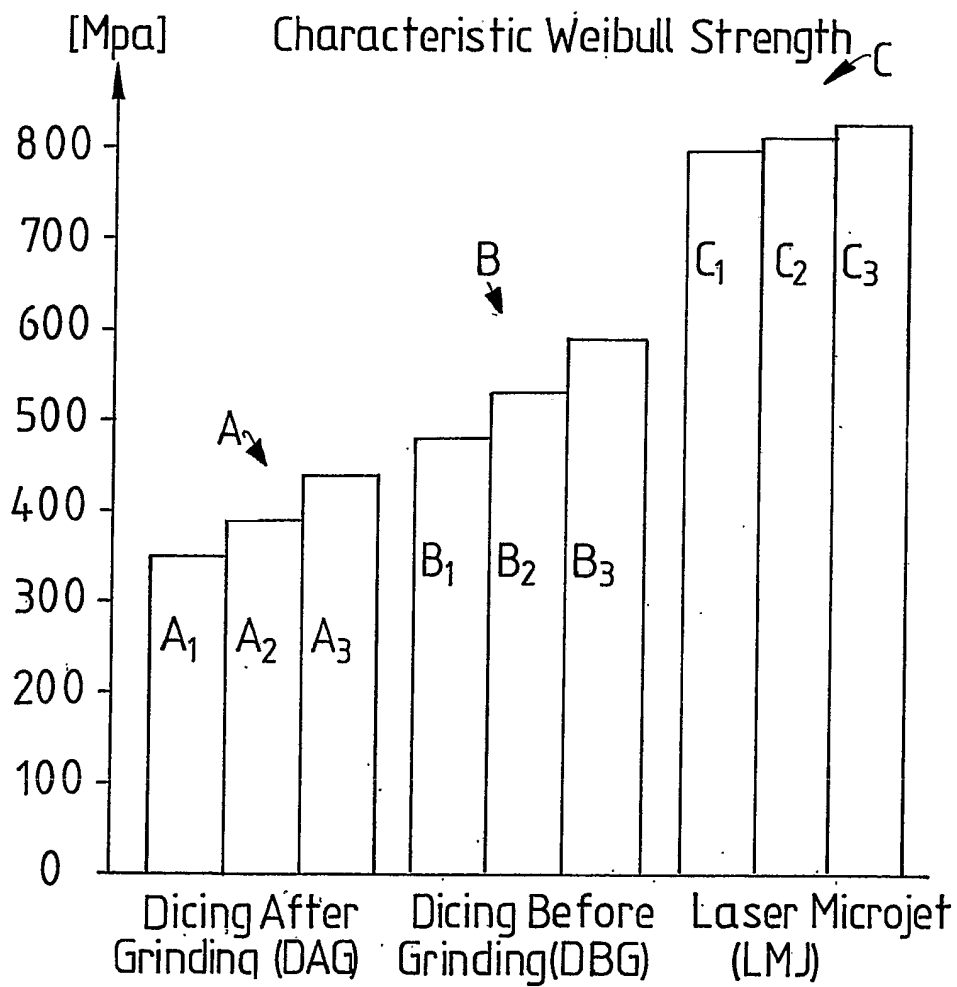
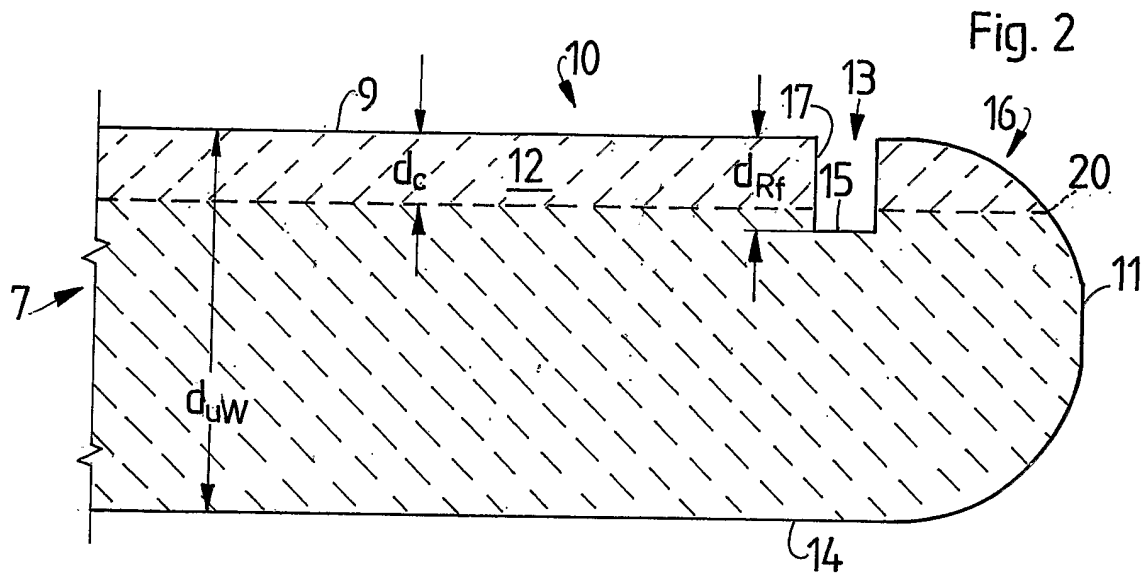


Fig. 4

3/4

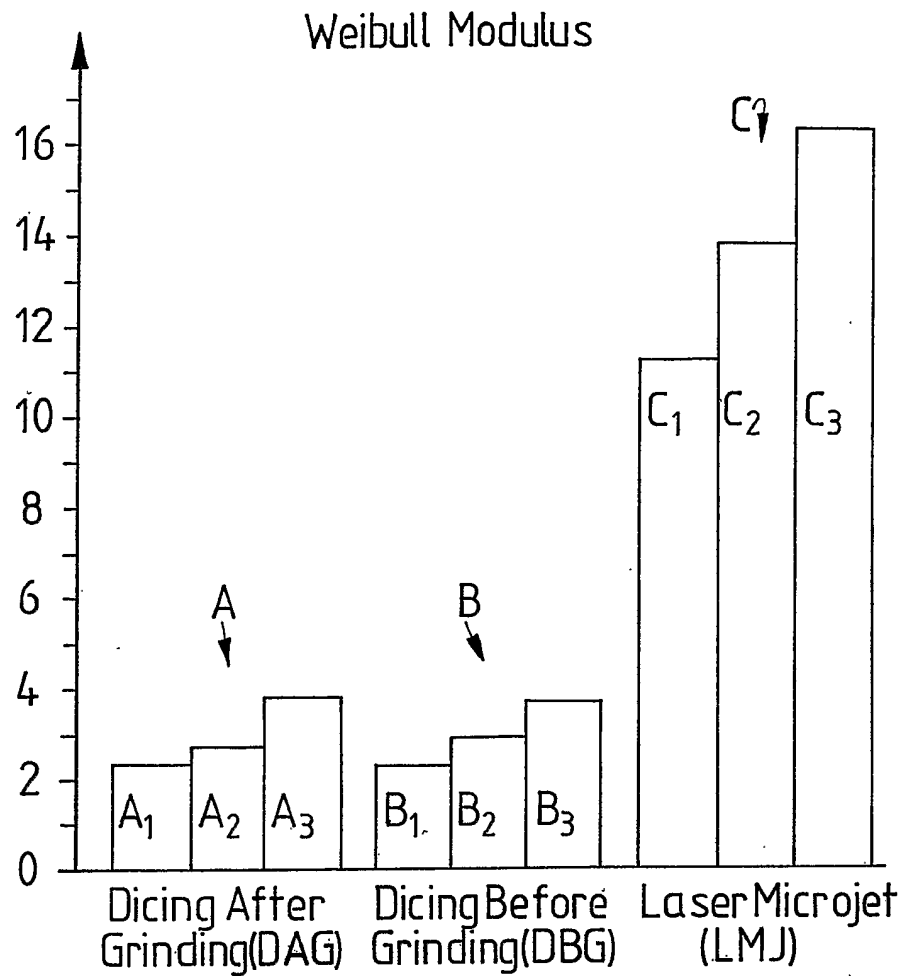


Fig. 5

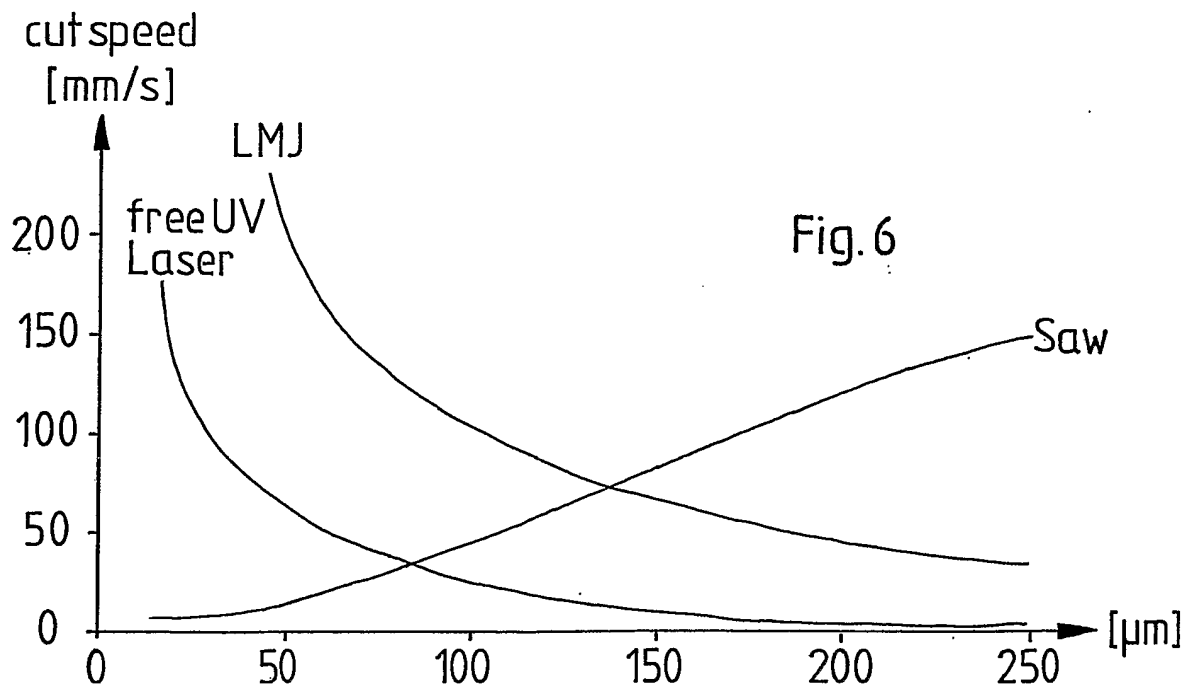


Fig. 6

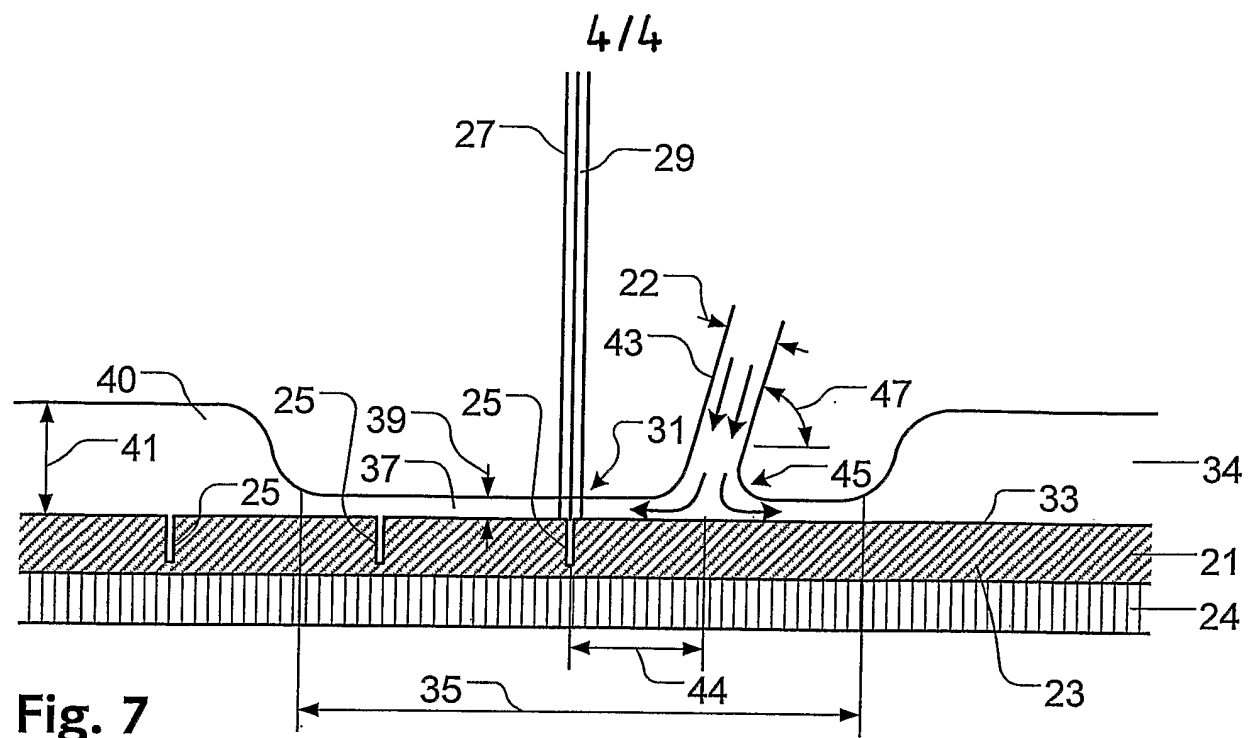


Fig. 7

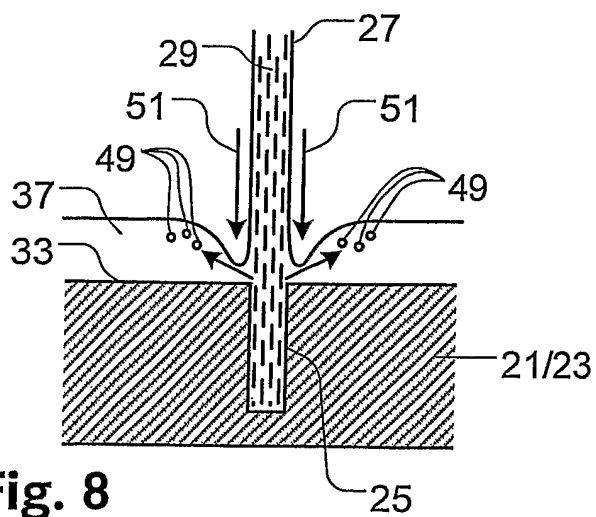


Fig. 8