



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 05 360 T2 2006.06.01**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 389 158 B1**

(51) Int Cl.⁸: **B28D 1/22 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 05 360.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/14471**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 771 821.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 02/094528**

(86) PCT-Anmeldetag: **07.05.2002**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **28.11.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.02.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **03.08.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.06.2006**

(30) Unionspriorität:

864620 24.05.2001 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(73) Patentinhaber:

Advanced Dicing Technologies Ltd., Haifa, IL

(72) Erfinder:

MANOR, Ran, Haifa 34553, IL

(74) Vertreter:

Bittner & Partner, 85049 Ingolstadt

(54) Bezeichnung: **DUAL-LASERSCHNEIDEN VON SCHEIBEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Diese Erfindung betrifft allgemein die Vereinzelung von Halbleiterwafern. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren für einen vollständigen auf Doppellaser beruhenden Schneidprozess von Halbleiterwafern, wobei die beiden Laserfrequenzen voneinander unterschiedlich sind.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Stückerzeugung oder Vereinzelung durch Sägen ist der Prozess des Schneidens eines mikroelektronischen Substrats in seine einzelnen Schaltungsstücke mit einem rotierenden, kreisförmigen, schleifenden Sägeblatt. Dieser Prozess hat sich als das effizienteste und wirtschaftlichste Verfahren erwiesen, das heute angewendet wird. Es bietet Vielseitigkeit bei der Auswahl der Tiefe und Breite (Kerbung) des Schnitts, sowie auch die Auswahl der Oberflächenglätte, und kann dazu benutzt werden, einen Wafer oder ein Substrat entweder teilweise oder vollständig durchzusägen.

[0003] Die Wafer-Dicing-Technik ist rasch fortgeschritten, und Dicing ist nun bei den meisten Front-End-Halbleiterverpackungsoperationen eine verpflichtende Prozedur. Sie wird extensiv für die Stückerzeugung an Integrierten-Schaltungs-Siliziumwafern genutzt.

[0004] Die zunehmende Anwendung der mikroelektronischen Technologie bei Mikrowellen- und Hybridschaltungen, Speichern, Computern, Verteidigungs- und medizinischer Elektronik hat eine Reihe neuer und schwieriger Probleme für die Industrie hervorgebracht. Teurere und exotischere Materialien, wie etwa Saphir, Granat, Aluminiumoxid, Keramik, Glas, Quarz, Ferrit und andere harte, brüchige Substanzen werden eingesetzt. Sie werden häufig kombiniert, um mehrere Schichten unähnlicher Materialien zu erzeugen, was weiter zu den Dicing-Problemen hinzukommt. Die hohen Kosten dieser Substrate, zusammen mit dem Wert der auf diesen hergestellten Schaltungen, machen es schwierig, etwas Geringeres als eine hohe Ausbeute bei der Stückerzeugung zu akzeptieren.

[0005] Dicing ist der mechanische Prozess der Bearbeitung mit Schleifpartikeln. Es wird angenommen, dass dieser Prozessmechanismus dem Kriechschleifen ähnlich ist. Daher lässt sich eine Ähnlichkeit in dem Materialbeseitigungsverhalten zwischen Dicing und Schleifen finden. Die Größe der Dicing-Blätter, die für die Stückerzeugung verwendet werden, macht jedoch den Prozess zu etwas Besonderem. Typischerweise reicht die Blattdicke von 0,6 mils bis 50 mils (0,015 mm bis 1,27 mm), und es werden Dia-

mantpartikel (das härteste bekannte Material) als Schleifmaterialzusatz verwendet. Dicing-Sägeblätter werden in der Form einer Ringscheibe hergestellt, die entweder zwischen den Flanschen einer Nabe eingeklemmt wird oder auf eine Nabe gebaut ist, die das dünne, flexible Sägeblatt akkurat positioniert. Wegen der extremen Feinheit der Diamant-Dicing-Blätter ist die Anpassung an einen strengen Satz von Parametern vordringlich, und selbst die kleinste Abweichung von der Norm könnte in einem kompletten Ausfall resultieren.

[0006] [Fig. 1](#) ist eine isometrische Ansicht eines Halbleiterwafers **100** während der Herstellung von Halbleitervorrichtungen. Ein herkömmlicher Halbleiterwafer **100** kann eine Vielzahl von Chips oder Stücken **100a**, **100b**, ... aufweisen, die auf seiner Oberfläche ausgebildet sind. Um die Chips **100a**, **100b**, ... voneinander und dem Wafer **100** zu trennen, werden eine Serie orthogonaler Linien oder "Straßen" **102**, **104** in den Wafer **100** geschnitten. Dieser Prozess ist auch als Dicing des Wafers bekannt.

[0007] IC-Wafer sind mit verschiedenen Schichten beschichtet, wie etwa Passivierung von Oxiden oder Nitriden, Dielektrika, Polymerbeschichtungen und Aluminium sowie Kupfermetallpads (in [Fig. 1](#) alle gemeinsam als **106** bezeichnet). Die Waferanreißlinien (Straßen) reflektieren ähnliche Beschichtungen auf den Chips, da alle Testvorrichtungen und Ausrichtungsmarkierungen innerhalb der Anreißliniengrenzen angeordnet sind. Die Waferstraßen sind daher vollständig oder teilweise mit unterschiedlichen Materialien beschichtet und sind weitgehend nicht-homogen. Diese Kombination der Materialien hat einen signifikanten Einfluss auf das Wafer-Dicing und die Stückrandqualität. Wenn eine herkömmliche Dicing-Technik angewendet wird, wie etwa ein einzelnes Blatt und ein einziger Schnitt, leidet der Stückrand an der Unterseite des Halbleiterwafers an starkem rückseitigen Splintern (BSC). Zusätzlich umfassen, an der Oberseite des Wafers, Probleme am Stückrand den Bruch der Passivierungs- und dielektrischen Schichten, Verschmieren oder Reißen der Metallpads, und Bildung von Polymersplintern.

[0008] Ein Ansatz zur Überwindung der vorgenannten Stückrandprobleme ist ein mechanisches Doppel-Dicing-Verfahren. Dieses Verfahren ist eine Kombination zweier Schnitte (Stufenschnitte), wobei der erste nicht tief ist und der zweite ein Durchschnitt ist. Der Zweck des ersten Schnitts ist es, alle Beschichtungen **106** von den Straßen **102**, **104** des Halbleiterwafers **100** zu entfernen, um einen glatten Durchschnitt zu gestatten. Der erste Schnitt wird entweder mittels eines abgeschrägten Blatts oder eines Standardblatts durchgeführt, das auch in den Siliziumwafer eindringt. Das Entfernen der Beschichtungen, der Passivierung, der Dielektrika und Metallpads **106** von den Straßen **102**, **104** beeinflusst auch das rückseiti-

ge Splittlern. Im Ergebnis wird die Größe der Splitter reduziert.

[0009] Es gibt jedoch am Stufenschnitt viele Nachteile. Erstens ist der Prozessdurchsatz dramatisch reduziert, da anstelle eines Durchlaufs in der Straße zwei Durchläufe erforderlich sind. Zweitens erzeugt die mechanische Entfernung der Beschichtungen Restbrüche, die wiederum eine weitere Verschlechterung des Stücks hervorrufen. Drittens wird die Kerbe breiter, wenn das abgeschrägte Blatt verschleißt, und dies erfordert eine häufige Handhabung und Ersatz des Blatts. Ferner ist der Preis abgeschrägter Blätter um einen Faktor von fünf im Vergleich zu einem Standardblatt teurer. Alle diese Nachteile führen zu hohen Eignerkosten in Bezug auf den Stufenschneidprozess.

[0010] In Bezug auf den Schrägschnitt gibt es andere Nachteile. Die Blatteindringtiefe muss sorgfältig überwacht werden, weil für einen jeden Mikrometer des Eindringens sich die Kerbe um etwa zwei Mikrometer erweitert. Zusätzlich kann das abgeschrägte Blatt eine versteckte Beschädigung in den Stückrand einbringen, zum Beispiel in der Form von Brüchen. Eine visuelle Überprüfung des Stücks nach dem Dicing (Industriestandard) ist nicht in der Lage, diese Beschädigung zu erkennen.

[0011] Zusätzliche Nachteile der Verwendung von mechanischem Dicing umfassen die Kosten und den übermäßigen Verschleiß von Werkzeugen (Sägen), die zum Eindringen in das Substrat verwendet werden, sowie den Bedarf nach einer Kühlflüssigkeit während des Schneidvorgangs. Zusätzlich begrenzt die Verwendung von Sägeblättern den Formfaktor des resultierenden Stücks, um lineare Muster, wie etwa Quadrate, Rechtecke etc. zu erlangen.

[0012] Im Hinblick auf die Nachteile vom Stand der Technik gibt es Bedarf danach, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Schneiden eines Stücks zu entwickeln, das verschiedene Beschichtungslagen und Teststrukturen in der Waferanreißlinie aufweist, um den Durchsatz zu erhöhen, das rückseitige Splittern zu minimieren, die mechanische Stabilität dünner Wafer zu erhöhen, Werkzeugverschleiß zu reduzieren, ohne Kühlflüssigkeiten auszukommen, die Bildung eines Stücks mit nicht linearen Randmustern zu ermöglichen und die Ausbeute nutzbarer Schaltungen zu erhöhen.

[0013] Die JP-A-58143553 offenbart die Verwendung doppelter Laserstrahlen bei der Herstellung von Halbleitervorrichtungen, um das Erzeugen einer Spannung durch Anreißen und das Anhaften feiner Lötpartikel durch Schmelzen und Trennen von Lötfolie, die vorübergehend auf einem Halbleiterwafer fixiert ist, zu verhindern.

[0014] Die US-A-5,922,224 offenbart ein Verfahren zum Trennen von Halbleiterelementen, die in einem Wafer aus Halbleitermaterial gebildet sind, wobei eine einzige Laserquelle verwendet wird. Die Strahlung des einzigen Lasers wird in der Form zumindest zweier Strahlen auf dem Wafer fokussiert.

[0015] Die WO 00/75983 A1 offenbart ein Verfahren zum Trennen von Wafern mit Laseranreißen, wobei ein Laser dazu benutzt wird, Anreißlinien zu bilden, und anschließend das Dicing mechanisch entlang diesen Anreißlinien durchgeführt wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0016] Im Hinblick auf die Nachteile vom Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, den Dicing-Prozess zu optimieren und das unterseitige Splittern (BSC) von Halbleiterwafern zu minimieren.

[0017] Die Lösung dieser Aufgabe ist in den Ansprüchen angegeben.

[0018] Die vorliegende Erfindung ist ein Verfahren zum Schneiden eines Halbleitersubstrats durch Fokussieren eines ersten Laserstrahls mit einer ersten Frequenz über eine Oberseite des Substrats; Ausbilden von Anreißlinien in der Lage mit dem ersten Laserstrahl; Fokussieren eines zweiten Laserstrahls mit einer zweiten Frequenz, die sich von jener der ersten Laserquelle unterscheidet, über eine Oberseite des Substrats; und Schneiden des Substrats durch Scannen des zweiten Laserstrahls entlang den durch den ersten Laserstrahl gebildeten Anreißlinien.

[0019] Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung wird das Substrat mit dem zweiten Laserstrahl durchgeschnitten.

[0020] Gemäß einem noch anderen Aspekt der Erfindung wird das Substrat entlang der Oberfläche mit dem ersten Laser angerissen, bevor das Substrat mit dem zweiten Laser geschnitten wird.

[0021] Gemäß einem noch anderen Aspekt der Erfindung ist der Durchmesser des ersten Laserstrahls größer als der Durchmesser des zweiten Laserstrahls.

[0022] Diese und andere Aspekte der Erfindung werden nachfolgend in Bezug auf die Zeichnungen und die Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung angegeben.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0023] Die Erfindung versteht sich am besten aus der folgenden detaillierten Beschreibung, wenn sie in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen gele-

sen wird. Es wird herausgestellt, dass gemäß allgemeiner Praxis die verschiedenen Merkmale der Zeichnungen nicht im Maßstab sind. Im Gegenteil sind die Dimensionen der verschiedenen Merkmale zur Klarheit willkürlich vergrößert oder verkleinert. In den Zeichnungen sind die folgenden Figuren enthalten:

[0024] [Fig. 1](#) ist eine isometrische Ansicht eines Halbleiterwafers, der zur Bildung von Halbleitervorrichtungen verwendet wird;

[0025] [Fig. 2](#) ist ein Flussdiagramm eines ersten Verfahrensbeispiels zur vorliegenden Erfindung;

[0026] [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) sind Diagramme eines ersten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

[0027] [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4C](#) sind Seitenansicht-Darstellungen, die die Bildung von Anreißlinien und Schneidlinien gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigen;

[0028] [Fig. 5A](#) ist eine Darstellung einer Sägeblattbewegung, die beim herkömmlichen Dicing verwendet wird;

[0029] [Fig. 5B](#) ist eine Darstellung der Laserstrahlbewegung eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

[0030] [Fig. 6](#) ist ein Flussdiagramm eines zweiten Verfahrensbeispiels der vorliegenden Erfindung;

[0031] [Fig. 7](#) ist ein Flussdiagramm eines dritten Verfahrensbeispiels der vorliegenden Erfindung;

[0032] [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm eines vierten Verfahrensbeispiels der vorliegenden Erfindung;

[0033] [Fig. 9](#) ist ein Flussdiagramm eines fünften Verfahrensbeispiels der vorliegenden Erfindung;

[0034] [Fig. 10](#) ist ein Diagramm eines zweiten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung; und

[0035] [Fig. 11](#) ist ein Diagramm eines dritten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0036] Bei der Herstellung von Halbleitervorrichtungen werden mittels eines sehr schnell rotierenden Sägeblatts einzelne Chips aus einem großen Wafer ausgeschnitten. Im Wesentlichen schleift das Sägeblatt einen Teil des Wafers entlang der linearen Strahlen oder Kerben (**102**, **104** wie in [Fig. 1](#) gezeigt) in einer Richtung weg, gefolgt durch einen ähnlichen zweiten Vorgang in einer orthogonalen Richtung.

[0037] Die Qualität der Stücke (Chips) steht im direkten Bezug zur Minimierung von Splitterbildung (vorne und hinten) während des Dicing-Vorgangs. Der Erfinder hat festgestellt, dass durch Entfernung sämtlicher Lagen von der Oberseite des Siliziumsubstrats mittels eines nicht mechanischen Ansatzes in dem Bereich, wo das Substrat durchgeschnitten wird, der Durchsatz dramatisch erhöht wird (etwa um den Faktor zwei), vorderseitige Splitterbildung (FSC) signifikant reduziert wird (wenn nicht vollständig beseitigt wird), BSC minimiert wird und die Vorrichtungs- ausbeute ebenfalls erhöht wird.

[0038] In Bezug auf [Fig. 2](#) ist ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung gezeigt. In Bezug auf die [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) ist ein Beispiel einer Wafervereinzelungsvorrichtung gezeigt, und in Bezug auf die [Fig. 4A–Fig. 4C](#) ist die Bildung von Anreißlinien und Schnittlinien gezeigt.

[0039] In [Fig. 2](#) wird in Schritt **200** ein Laserstrahl **306** von einer ersten Laserquelle **304** (wie in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) gezeigt) durch den Umlenkspiegel **308** ausgerichtet und durch eine Linse **310** als ersten fokussierten Laserstrahl **302** auf Beschichtungslagen **106** fokussiert, die auf der Oberfläche des Substrats **100** aufliegen. Die Frequenz des ersten fokussierten Laserstrahls **302** unterliegt der physikalischen Einschränkung, dass sein Absorptionskoeffizient in den Beschichtungslagen **106** viel, um eine Größenordnung, größer ist als der Absorptionskoeffizient des Substrats **100**. Anzumerken ist, dass der erste fokussierte Laserstrahl **302** auch auf einen Punkt oberhalb oder unterhalb der Oberfläche der Beschichtungslagen **106** oder des Substrats **100** fokussiert werden könnte. Wie in [Fig. 4A](#) gezeigt, liegen, vor dem Ausrichten des ersten fokussierten Laserstrahls **302** auf die Beschichtungslagen **106**, die Beschichtungslagen auf der Oberfläche des Substrats **100** auf.

[0040] Wieder in Bezug auf [Fig. 2](#), wird in Schritt **205** ein zweiter Laserstrahl **326** von einer zweiten Laserquelle **324** (in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) gezeigt), dessen Wellenlänge sich von jener des ersten fokussierten Laserstrahls **306** unterscheidet, durch einen Umlenkspiegel **328** ausgerichtet und durch eine Linse **330** als zweiter fokussierter Strahl **322** auf die Oberfläche des Substrats **100** fokussiert. Die Frequenz des zweiten fokussierten Laserstrahls **322** unterliegt der physikalischen Einschränkung, dass er im Substrat **100** absorbiert wird. Im Schritt **210** wird der fokussierte Laserstrahl **302** über die Oberfläche der Substratbeschichtungslagen **106** (zum Beispiel in Richtung A) gescannt bzw. abgelenkt, um die Schichten **106** durch Verdampfung zu beseitigen und die gewünschten Anreißlinien **102** zu bilden (in [Fig. 4B](#) gezeigt). In Schritt **215** wird der fokussierte Laserstrahl **322** entlang der zuvor gebildeten Anreißlinie **102**, **104** abgelenkt, um das Substrat **100** zu durchdringen und

einen Schnitt **350** zu bilden, der mit den Anreißlinien zusammenfällt und hierdurch eingegrenzt ist (wie in [Fig. 4C](#) gezeigt), die wiederum Stücke **100a**, **100b** etc. bilden.

[0041] Obwohl die Richtung A (in [Fig. 3A](#) gezeigt) so dargestellt ist, dass sie im Wesentlichen linear ist, ist das Ausführungsbeispiel nicht auf lineares Anreißen und Schneiden beschränkt. Weil das erste Ausführungsbeispiel nicht auf Sägeblättern zum Schneiden des Substrats beruht, kann das Anreißen und Schneiden nicht lineare Muster haben, wie etwa z.B. Kreise, Ellipsen oder Teile davon.

[0042] Die Beschichtungslagen **106** oben auf der Oberfläche des Substrats **100** sind eine Kombination von Passivierungslagen, Dielektrika, Oxiden, Nitriden und Metallpads. In den meisten Standard-ICs beträgt die Gesamtdicke aller dieser Lagen gewöhnlich weniger als 20 μm . Die einzelne Dicke jeder Lage ist gewöhnlich weniger als 1 μm , mit der Ausnahme, dass die Polymerschicht eine Dicke einiger Mikrometer hat. Die optischen Eigenschaften, wie etwa Absorption, Reflexion und Brechungsindex dieser Lagen sind von einer Lage zur anderen und von jener des Siliziumsubstrats sehr unterschiedlich.

[0043] Eines der Hauptprobleme bei der Bearbeitung von IC-Wafern mit Laserstrahlung ist die hohe Empfindlichkeit der Vorrichtung auf Erhitzung und thermische Beschädigung. Eine zu starke Erhitzung des Substrats kann die Leistung der Vorrichtung, die Zuverlässigkeit reduzieren und sogar einen sofortigen Ausfall der Vorrichtung hervorrufen. Beim Anreißen ist es daher erforderlich, einen geeigneten Bereich von Laserfrequenzen anzuwenden, die in den Beschichtungslagen stark absorbiert werden, aber mit minimaler Absorption innerhalb des Substrats. Einer der am besten geeigneten Laser für den vorgeschlagenen Anreißprozess in dieser Ausführung ist der CO_2 -Laser, der im fernen Infrarotbereich des Wellenlängenspektrums in unserem Beispiel etwa 10,6 μm strahlt. Der Absorptionskoeffizient der CO_2 -Laserenergie in Silizium ist praktisch null und ist beträchtlich niedriger (um etwa eine Größenordnung, d.h. einen Faktor von 10, und bevorzugt zumindest einer Größenordnung) als der Absorptionskoeffizient der Beschichtungslagen. Silizium absorbiert hingegen (Absorptionskoeffizient 10^6 cm^{-1}) stark Energie im UV-Bereich des Spektrums, wie etwa einer Wellenlänge von etwa 200 nm. Laserenergiequellen, wie etwa Excimer-(UV)-Laserquellen, die im Stand der Technik beschrieben sind, zum Bearbeiten von Silizium (US-Patent 5,151,389 für Zappella, und US-Patent 5,552,345, Schrantz et al.) sind Beispiele von Quellen, wo Energie durch Silizium leicht absorbiert wird. Nichtsdestoweniger kann die Verwendung von Lasern, die Energie im UV-Frequenzbereich abgeben, den Siliziumwafer signifikant beschädigen, während die vorliegende Ausführung diesen Hauptnach-

teil überwindet, indem Laserstrahlung verwendet wird, die beim Anreißen der Beschichtungen durch das Siliziumsubstrat nicht absorbiert wird. Das Silizium kann durch ferne Infrarotlaserstrahlung direkt nicht erhitzt werden, während die oberen Beschichtungen über dem Siliziumsubstrat durch den CO_2 -Laserstrahl teilweise oder vollständig entfernt werden, und zwar wegen des viel stärkeren Absorptionskoeffizienten der Lagen in Bezug auf jenen des Siliziumsubstrats. Ein ähnlicher Ansatz wird in dem gut bekannten Prozess des Ätzens verwendet, wo eine Stoppätzschicht dazu verwendet wird, die Robustheit des Prozesses, die Genauigkeit zu erhöhen und andere Schichten zu schützen. In der vorgenannten Ausführung wirkt das Siliziumsubstrat als Stoppätzschicht für die Laserstrahlung. Im US-Patent 4,716,270 für Gnanamuthu et al. wird eine vollständig unterschiedliche Physik angewendet, um zwischen der Laserbearbeitung zweier Materialschichten zu differenzieren. In Gnanamuthu et al. ist das Werkstück ein mit organischem Polymer beschichtetes Metall, und die Unterscheidung zwischen der Laserverarbeitung an den zwei Schichten beruht auf einem Reflexionsprinzip, worin die Laserstrahlung von dem darunter liegenden Metallsubstrat stark reflektiert wird. Hingegen ist das Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in der Lage, dünne Metallschichten oben auf dem Wafersubstrat zu entfernen, trotz ihrer hohen Reflektivität der Laserstrahlung. Dies ist möglich, weil das Verfahrensbeispiel auf der Absorption der Laserenergie anstatt auf Reflexion beruht.

[0044] In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beträgt der fokussierte Laserstrahl **302**, der zum Anreißen des Substrats **100** verwendet wird, im Durchmesser etwa 50 μm , obwohl nach Bedarf auch andere Durchmesser verwendet werden können. Wie in den [Fig. 4B](#) und [Fig. 4C](#) gezeigt, sollte der Durchmesser (oder die Brennpunktgröße) des fokussierten Laserstrahls **302** (der zum Anreißen der Beschichtungslage **106** verwendet wird) bevorzugt größer sein als jener des fokussierten Laserstrahls **332** (der anschließend zum Schneiden des darunter liegenden Substrats verwendet wird). Wie in [Fig. 4B](#) gezeigt, entfernt der fokussierte Laserstrahl **302** beim Bilden der Straßen **102**, **104** nur die Lagen **106** oben auf dem Siliziumsubstrat, was zu einer minimalen indirekten Erwärmung des darunter liegenden Siliziumsubstrats **100** führt.

[0045] Wieder in Bezug auf die [Fig. 4A–Fig. 4C](#) ist die Lage **106** gewöhnlich etwa 10 μm dick, während der Siliziumwafer eine vielfache Dicke jener der Beschichtung haben kann, und typischerweise zwischen etwa 100–750 μm variieren kann, obwohl auch 30 μm dicke Wafer aufgezeigt werden. Zusätzlich sind die Ränder der Laseranreißlinien und Schneidlinien, die in den [Fig. 4B](#) und [Fig. 4C](#) gezeigt sind, lediglich illustrativ und sind in der Realität nicht so scharf und gut definiert, wie gezeichnet.

[0046] In einem Ausführungsbeispiel sind die Laserquellen **304** und **324** (und die zugeordneten Komponenten) stationär, während das Substrat **100** im Beispiel in der Richtung A bewegt wird, unter Verwendung eines herkömmlichen X-Y-Tischs **316**, auf dem das Substrat **100** angebracht ist (z.B. durch Vakuum), um Straßen **102** zu bilden. Wenn jede Straße **102** fertiggestellt ist, wird das Substrat **100** in Richtung B durch den X-Y-Tisch **316** verlagert, und der Prozess wird für eine zusätzliche Straße **102** wiederholt.

[0047] Nachdem alle Straßen **102** gebildet sind, kann das Substrat **100** um etwa 90° gedreht werden, so dass der Prozess zur Bildung der Straßen **104** im Substrat **100** wiederholt werden kann. Alternativ können die Laser relativ zum stationären Substrat **100** bewegt werden, in einer oder beiden der X- und Y-Richtungen.

[0048] Ein Hauptvorteil des Laseranreißens/Laserschneidens ist, dass es mit einer viel höheren Förderate als der herkömmliche Stufenschnitt-Dicing-Prozess durchgeführt werden kann, um die Decklagen über dem Substrat zu entfernen und das Substrat zu vereinzeln. Das Letztere ist besonders signifikant, wenn dünne Substrate vereinzelt werden.

[0049] Ein anderer Vorteil des beispielhaften Laseranreißprozesses gegenüber herkömmlichem Dicing ist in den [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) dargestellt. Beim Dicing mit einem Sägeblatt muss das Blatt aus einer bestimmten Richtung her in den Wafer eindringen (Bewegung **500**, in [Fig. 5A](#) gezeigt). Um daher aufeinander folgende Schnitte durchzuführen, hat die Blattbewegung eine Zickzackform, wie in [Fig. 5A](#) gezeigt (Bewegung **500**, gefolgt durch Bewegung **502** etc.). Dieser Ansatz ist jedoch zeitaufwendig, da während der Rücklaufzeit (Bewegung **502**) das Blatt nicht schneiden kann. Da hingegen gemäß dem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung das Laseranreiß-/schneiden ein kontaktloser Prozess ist, können die Laser in beiden Richtungen (gestaffelter Modus) arbeiten, wie in [Fig. 5B](#) gezeigt (Anreiß-/Schneidbewegung **500**, gefolgt durch Querbewegung **504**, gefolgt durch Anreiß-/Schneidbewegung **506** etc.). Daher ist die einzige Nichtanreiß-/schneidzeit die während der Querbewegung **504** von einer Schneidstraße zur nächsten Schneidstraße.

[0050] Ein noch anderer Vorteil des Laseranreißens/Laserschneidens gegenüber dem Stufen-Schrägschnitt liegt darin, dass man ohne teure Blätter auskommt und die Möglichkeit besteht, die Passivierungslage des anreißenden Laserstrahls zu versiegeln, um hierdurch eine Bruchbildung zu vermeiden.

[0051] In dem Ausführungsbeispiel sind zwei unterschiedliche Typen von Laserquellen (Laserköpfen)

verwendet. Die erste Laserquelle **302** wird zum Anreißens verwendet und ist ein CO₂-Laser mit einer Wellenlänge im Bereich zwischen etwa 9 und 11 µm, und bevorzugt mit einer Wellenlänge von etwa 9,3 oder 10,6 µm. Die zweite Laserquelle **322** wird zum Schneiden verwendet und kann ein Nd:YAG-Laser sein, der hauptsächlich mit seiner Primärwellenlänge (1,06 µm) arbeitet.

[0052] Obwohl als zweite Laserquelle **322** zum Vereinzeln des Substrats **100** ein Nd:YAG-Laser verwendet werden kann, der bei seiner Grundfrequenz von 1,06 µm arbeitet, können auch andere Lasertypen verwendet werden, um das Schneiden durchzuführen. Beispiele sind ein Nd:YAG-Laser, der bei Oberschwingungen seiner Grundfrequenz arbeitet, wie etwa der zweiten Oberschwingung-532 nm, dritten Oberschwingung-355 nm und vierten Oberschwingung-266 nm, ein Ti-Saphirlaser, der im roten und nahen Infrarotbereich des Spektrums arbeitet, wie etwa 780 nm, ein Ar-Ionenlaser, der im sichtbaren Bereich des Spektrums arbeitet, Halbleiterdiodenlaser, wie etwa AlGaAs-Diodenlaser, der eine Strahlung im nahen Infrarotbereich des Spektrums emittiert, 808 nm zum Beispiel, Excimerlaser, die im UV-Bereich des Spektrums arbeiten, wie etwa z.B. ArF-193 nm, KrF-248 nm, XeCl-308 nm und XeF-351 nm.

[0053] Da die Förderrate des Durchschneidprozesses von der Substratdicke abhängig ist, wird daran gedacht, dass die Förderrate des Substrats relativ zu den Anreiß- und Schneidlasern zumindest 0,1 Zoll/s betragen und so hoch sein kann, wie etwa 40 Zoll/s. Darüber hinaus können die Förderraten für die zwei unterschiedlichen Prozesse unterschiedlich sein, nämlich den Anreißprozess, der mit einer ersten Förderrate durchgeführt wird, während der zweite (Durchschneid-)Prozess mit einer zweiten Förderrate durchgeführt wird, die sich von der ersten Förderrate unterscheidet. Ferner können, anstelle des CO₂-Lasers zum Anreißens, andere Wellenlängen der Laserstrahlung verwendet werden, so dass ihre Absorption innerhalb der Beschichtungslagen **106** signifikant höher ist (um etwa zumindest eine Größenordnung auf der Basis der Wellenlänge des Lasers) als jener des Substrats. Es wird daran gedacht, dass Laser mit Wellenlängen zwischen 1,2 und 15 µm zum Anreißens der Beschichtungslagen **106** verwendet werden können, bevorzugt zwischen 9 und 11 µm und am meisten bevorzugt etwa 9,3, 9,6 oder 10 µm.

[0054] Es wird auch daran gedacht, dass verschiedene Leistungspegel der Anreiß- und Schneidlaser nach Bedarf verwendet werden können. Zum Beispiel können Leistungen, so niedrig wie 1 Watt bis zu 40 Watt, nach Bedarf verwendet werden, um eine hohe Kerbqualität zu erreichen. Die Schneidkerbbreite unterliegt ebenfalls Änderungen, solange deren Größe kleiner ist als jene der Anreißlinie, die von dem ersten Anreißlaser erzeugt wird (siehe [Fig. 4C](#)). Die

Kerbbreite des Schneidlasers kann so breit sein wie 100 µm, herunter bis weniger als 5 µm.

[0055] In Bezug auf [Fig. 6](#) ist ein Flussdiagramm eines zweiten Verfahrensbeispiels gemäß der in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) gezeigten ersten beispielhaften Vorrichtung dargestellt. In Schritt **600** wird der Anreißlaserstrahl **306** von der ersten Laserquelle **304** durch einen Umlenkspiegel **308** ausgerichtet und durch eine Linse **310** als erster fokussierter Strahl **302** auf das Substrat **100** fokussiert. In Schritt **605** wird der Laserstrahl **326** von der zweiten Laserquelle **324** durch einen Umlenkspiegel **328** ausgerichtet und durch eine Linse **330** als zweiter fokussierter Strahl **332** auf das Substrat **100** fokussiert. Wie im ersten Ausführungsbeispiel können die fokussierten Laserstrahlen **302**, **332** auch auf einen Punkt oberhalb oder unterhalb der Substratoberfläche **100** fokussiert werden. In Schritt **610** wird der erste fokussierte Laserstrahl **302** wiederholt über die Oberfläche der Substratbeschichtungslagen **106** abgelenkt, um Teile aller Schichten **106** durch Verdampfung zu entfernen und Anreißlinien **102** zu bilden (eine Ablenkung über das Substrat **100** für jede Anreißlinie). In Schritt **615** wird das Substrat **100** geschnitten, indem das Substrat **100** entlang den Anreißlinien **102** mit dem zweiten fokussierten Laserstrahl **332** durchdrungen wird. In Schritt **620** wird das Substrat **100** gedreht (bevorzugt um 90°), und der erste fokussierte Laserstrahl **302** wird erneut wiederholt über die Oberfläche der Substratbeschichtungslagen **106** abgelenkt, um Teile aller Schichten **106** durch Verdampfung zu entfernen und Anreißlinien **104** zu bilden. In Schritt **625** wird das Substrat **100** geschnitten, indem das Substrat **100** entlang den Anreißlinien **104** mit dem zweiten fokussierten Laserstrahl **332** durchdrungen wird, um die Stücke **100a**, **100b** etc. zu bilden.

[0056] In Bezug auf [Fig. 7](#) ist ein Flussdiagramm eines dritten Verfahrensbeispiels gemäß der ersten beispielhaften Vorrichtung dargestellt, die in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) gezeigt ist. In Schritt **700** wird ein Anreißlaserstrahl **306** von der ersten Laserquelle **304** durch einen Umlenkspiegel **308** ausgerichtet und durch eine Linse **310** als erster fokussierter Strahl **302** auf das Substrat **100** fokussiert. In Schritt **705** wird der Laserstrahl **326** von der zweiten Laserquelle **324** durch den Umlenkspiegel **328** ausgerichtet und durch eine Linse **330** als zweiter fokussierter Strahl **332** auf das Substrat **100** fokussiert. Wie in den ersten und zweiten Ausführungsbeispielen können die fokussierten Laserstrahlen **302**, **332** auch auf einen Punkt oberhalb oder unterhalb der Substratoberfläche **100** fokussiert werden. In Schritt **710** wird der fokussierte Laserstrahl **302** über die Oberfläche der Substratbeschichtungslagen **106** in einer ersten Richtung abgetastet (wie etwa der Richtung A, in [Fig. 3A](#) gezeigt), um alle Lagen **106** durch Verdampfung zu entfernen und Anreißlinien **102** zu bilden (eine Ablenkung über das Substrat **100** für jede Anreiß-

linie). Gleichzeitig folgt der zweite fokussierte Laserstrahl **332** eng hinter dem ersten fokussierten Laserstrahl **302**, entlang der gerade gebildeten Anreißlinie **102**, um das Substrat **100** zu schneiden, indem das Substrat **100** entlang der Anreißlinie **102** mit dem zweiten fokussierten Laserstrahl **332** durchdrungen wird. In Schritt **715** wird der Prozess von Schritt **710** wiederholt, um weitere Anreiß-/Schneidlinien zu bilden, bis das gesamte Substrat **100** in der ersten Richtung aufgeteilt ist. In Schritt **720** wird das Substrat **100** gedreht (bevorzugt um 90°), und die fokussierten Laserstrahlen **302**, **332** werden erneut wiederholt über die Oberfläche der Substratbeschichtungslagen **106** abgelenkt, um das Substrat **100** ähnlich den Schritten **710**, **715** anzureißen und zu schneiden, um die Stücke **100a**, **100b** etc. zu bilden.

[0057] In Bezug auf [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm eines vierten Verfahrensbeispiels gemäß der ersten beispielhaften Vorrichtung dargestellt, die in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) gezeigt ist. In Schritt **800** wird der Laserstrahl **306** von der ersten Laserquelle **304** durch den Umlenkspiegel **308** ausgerichtet und durch die Linse **310** als erster fokussierter Strahl **302** auf das Substrat **100** fokussiert. In Schritt **805** wird der erste fokussierte Laserstrahl **302** wiederholt über die Oberfläche der Substratbeschichtungslagen **106** abgelenkt, um Teile aller Schichten **106** durch Verdampfung zu entfernen und Anreißlinien **102** zu bilden (eine Abtastung über das Substrat **100** für jede Anreißlinie). In Schritt **810** wird das Substrat **100** gedreht (bevorzugt um 90°) und der erste fokussierte Laserstrahl **302** wird erneut wiederholt über die Oberfläche der Substratbeschichtungslagen **106** abgelenkt, um Teile aller Lagen **106** durch Verdampfung zu entfernen und Anreißlinien **104** zu bilden. In Schritt **815** wird der Laserstrahl **326** von der zweiten Laserquelle **324** durch den Umlenkspiegel **328** ausgerichtet und durch die Linse **330** als zweiter fokussierter Laserstrahl **322** auf das Substrat **100** fokussiert. In Schritt **820** wird das Substrat **100** geschnitten, indem das Substrat **100** entlang den Anreißlinien **104** mit dem zweiten fokussierten Laserstrahl **332** durchdrungen wird. In Schritt **825** wird das Substrat **100** in seine ursprüngliche Stellung gedreht und geschnitten, indem das Substrat **100** entlang den Anreißlinien **102** mit dem zweiten fokussierten Laserstrahl **332** durchdrungen wird, um die Stücke **100a**, **100b**, etc. zu bilden.

[0058] In Bezug auf [Fig. 9](#) ist ein Flussdiagramm eines noch anderen Verfahrensbeispiels gemäß der ersten beispielhaften Vorrichtung dargestellt, die in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) gezeigt ist. In Schritt **900** wird der Laserstrahl **306** von der ersten Laserquelle **304** durch den Umlenkspiegel **308** ausgerichtet und durch die Linse **310** als erster fokussierter Strahl **302** auf das Substrat **100** fokussiert. In Schritt **905** wird der Laserstrahl **326** von der zweiten Laserquelle **324** durch den Umlenkspiegel **328** ausgerichtet und

durch die Linse **330** als zweiter fokussierter Strahl **322** auf das Substrat **100** fokussiert. In Schritt **910** wird der erste fokussierte Laserstrahl **302** wiederholt über die Oberfläche der Substratbeschichtungslagen **106** abgelenkt, um Teile aller Lagen **106** durch Verdampfung zu entfernen und Anreißlinien **102** zu bilden. In Schritt **915** wird das Substrat **100** gedreht (bevorzugt um 90°), und der erste fokussierte Laserstrahl **302** wird erneut wiederholt über die Oberfläche der Substratbeschichtungslagen **106** abgelenkt, um Teile aller Lagen **106** durch Verdampfung zu entfernen und Anreißlinien **104** zu bilden. In Schritt **920** wird dann das Substrat **100** geschnitten, indem das Substrat **100** entlang den Anreißlinien **104** mit dem zweiten fokussierten Laserstrahl **332** durchdrungen wird. In Schritt **925** wird das Substrat **100** in seine ursprüngliche Stellung gedreht und geschnitten, indem das Substrat **100** entlang den Anreißlinien **102** mit dem zweiten fokussierten Laserstrahl **332** durchdrungen wird, um die Stücke **100a**, **100b**, etc. zu bilden.

[0059] [Fig. 10](#) stellt ein zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dar. Wie in [Fig. 10](#) gezeigt, wird eine einzige Laserquelle **1010** mit etwa der doppelten Leistung der Laserquelle **304** dazu benutzt, einen Anreißlaserstrahl **1016** zu erzeugen, der dann mit einem Strahlenteiler **1012** in zwei im Wesentlichen identische Laserstrahlen **1018** und **1020** aufgeteilt wird. Die Laserstrahlen **1018** und **1020** werden dann dazu benutzt, jeweilige fokussierte Laserstrahlen **1002** und **1004** zu bilden, um die Beschichtungslage **106** gemäß dem oben beschriebenen Prozess anzureißen, um die jeweiligen Anreißlinien zu bilden. Wie im ersten Ausführungsbeispiel werden ein Umlenkspiegel **1014** und Fokussierlinsen **1006**, **1008** zum Erzeugen der fokussierten Laserstrahlen **1002** und **1004** verwendet. Ähnlich wird eine einzige Laserquelle **1040** mit etwa der doppelten Leistung der Laserquelle **324** dazu verwendet, den Schneidlaserstrahl **1046** zu erzeugen, der dann mit einem Strahlenteiler **1042** in zwei im Wesentlichen identische Laserstrahlen **1048** und **1050** aufgeteilt wird. Die Laserstrahlen **1048** und **1050** werden dazu verwendet, jeweilige fokussierte Laserstrahlen **1032** und **1034** zu erzeugen, um das Substrat **100** entlang den jeweiligen zuvor ausgebildeten Anreißlinien gemäß den oben beschriebenen verschiedenen Prozessen zu schneiden. Dieses Ausführungsbeispiel hat den zusätzlichen Vorteil des etwa zweifachen Durchsatzes des ersten Ausführungsbeispiels, und darin, dass mehrere Anreißlinien in einem einzigen Durchlauf ausgebildet werden, gefolgt durch eine höhere Vereinzelungsrate mit den mehreren Schneidstrahlen.

[0060] [Fig. 11](#) zeigt ein noch anderes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. In [Fig. 11](#) wird, anstelle der Verwendung einer einzigen Laserquelle zum Erzeugen mehrerer Anreiß- und Schneidlaserstrahlen (wie in [Fig. 10](#) gezeigt), eine einzige Laser-

quelle für jeden der mehreren Laserstrahlen verwendet. Wie in [Fig. 11](#) gezeigt, arbeiten der Anreißlaser **302** und der Schneidlaser **332** genauso wie im ersten Ausführungsbeispiel, das in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) gezeigt ist, und daher wird die Beschreibung der Elemente hier nicht wiederholt. Wie auch in [Fig. 11](#) gezeigt, wird der Laserstrahl **1106** von einem zweiten Anreißlaser **1104** durch einen Umlenkspiegel **1108** ausgerichtet und mit einer Linse **1110** als fokussierter Anreißlaserstrahl **1102** auf die Beschichtung **106** fokussiert, die auf der Oberfläche des Substrats **100** aufliegt. Zusätzlich wird der Laserstrahl **1126** vom zweiten Schneidlaser **1124** durch den Umlenkspiegel **1128** ausgerichtet und durch die Linse **1130** als fokussierter Strahl **1122** auf die Oberfläche des Substrats **100** fokussiert.

[0061] Obwohl in den [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) zur leichteren Darstellung die Anreiß- und Schneidlaserstrahlen längs zueinander dargestellt sind, ist die Erfindung so nicht eingeschränkt. Die Anordnung der Schneid- und Anreißlaser und der zugeordneten Elemente kann derart sein, dass das Paar der Anreiß- und Schneidlaserstrahlen in Linie zueinander konfiguriert sind, so dass ein Schneidlaserstrahl einem jeweiligen Anreißlaserstrahl folgt. Auch möglich ist es, die Anreiß- und Schneidlaser derart anzuordnen, dass das erste Anreiß-/Schneidlaserpaar an etwa der Hälfte des Substrats verwendet wird, während ein zweites Anreiß-/Schneidlaserpaar gleichzeitig am Rest des Substrats verwendet wird. Zusätzlich ist es auch möglich, die Anreiß- und Schneidlaser derart anzuordnen, dass das erste Anreiß-/Schneidlaserpaar dazu verwendet wird, jede andere Linie (wie etwa die ungeradzahigen Linien) anzureißen und zu schneiden und das zweite Anreiß-/Schneidlaserpaar verwendet wird, um die dazwischen befindlichen Linien (wie etwa die geradzahigen Linien) anzureißen und zu schneiden.

[0062] Obwohl die Erfindung in Bezug auf die Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, ist sie darauf nicht beschränkt. Indessen sollten die beigefügten Ansprüche so verstanden werden, dass sie andere Varianten und Ausführungen der Erfindung einschließen, die vom Fachmann vorgenommen werden können, ohne vom wahren Geist und Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Vereinzeln eines Halbleitersubstrats (**100**), das eine Beschichtungslage (**106**) aufweist, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:
 - (a) Ausrichten eines ersten Laserstrahls (**302**) mit einer ersten Wellenlänge und eines zweiten Laserstrahls (**332**) mit einer zweiten Wellenlänge, die sich von der ersten Wellenlänge unterscheidet, auf eine Oberseite des Substrats (**100**);
 - (b) Bilden von Anreißlinien (**102**, **104**) in der Be-

schichtungslage (**106**) durch Führen des ersten Laserstrahls (**302**) über die Beschichtungslage, wobei der erste Laserstrahl zumindest einen Teil der Beschichtungslage entfernt; und
 (c) Durchschneiden des Substrats (**100**) entlang den Anreißlinien (**102, 104**) mit dem zweiten Laserstrahl (**332**) zur Bildung einer jeweiligen Kerbe.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, worin eine Brennpunktgröße des ersten Laserstrahls (**302**) größer ist als eine Brennpunktgröße des zweiten Laserstrahls (**332**).

3. Verfahren gemäß Anspruch 1, worin eine Breite der Anreißlinie (**102, 104**) größer ist als eine Breite der Kerbe.

4. Verfahren gemäß Anspruch 1, worin zumindest eine der Anreißlinien (**102, 104**) nicht linear ist.

5. Verfahren gemäß Anspruch 1, worin die Anreißlinien (**102, 104**) im Wesentlichen gerade sind.

6. Verfahren gemäß Anspruch 1, worin die Schritte in der folgenden Sequenz durchgeführt werden:

(a) zuerst Ausrichten des ersten (**302**) und des zweiten Laserstrahls (**332**) auf die Oberseite des Substrats (**100**);

(b) dann Ausbilden eines ersten Satzes von Anreißlinien (**102**) in einer ersten Richtung in der Lage (**106**) durch Führen des ersten Laserstrahls (**302**) über die Lage, wobei der erste Laserstrahl zumindest einen Teil der Lage entfernt;

(c) dann Ausbilden eines zweiten Satzes von Anreißlinien (**104**) in einer zweiten Richtung in der Lage (**106**) durch Führen des ersten Laserstrahls (**302**) über die Lage, und Entfernen zumindest eines Teils der Lage mit dem ersten Laserstrahl;

(d) dann Durchschneiden des Substrats (**100**) entlang dem zweiten Satz von Anreißlinien (**104**) mit dem zweiten Laserstrahl (**332**) zur Bildung eines ersten Satzes von Kerben; und

(e) dann Durchschneiden des Substrats (**100**) entlang dem ersten Satz von Anreißlinien (**102**) mit dem zweiten Laserstrahl (**332**) zur Bildung eines jeweiligen zweiten Satzes von Kerben.

7. Verfahren gemäß Anspruch 6, worin die zweite Richtung zur ersten Richtung im Wesentlichen orthogonal ist.

8. Verfahren gemäß Anspruch 6, worin der erste Laserstrahl (**304**) Infrarotstrahlung (**306**) mit einer Wellenlänge größer als 1,1 Mikron emittiert und der zweite Laser (**324**) Strahlung (**326**) mit einer Wellenlänge von weniger als 1,1 Mikron emittiert.

9. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 8, worin die Wellenlänge des ersten Lasers (**304**) zwischen etwa 1,2 und 15 Mikron liegt.

10. Verfahren gemäß Anspruch 8, worin die Wellenlänge des ersten Lasers (**304**) zwischen etwa 9 und 11 Mikron liegt.

11. Verfahren gemäß Anspruch 8, worin die Wellenlänge des ersten Lasers (**304**) eine von i) 9,3, ii) 9,6 und iii) 10,6 Mikron ist.

12. Verfahren gemäß Anspruch 1, 8 oder 9, worin die Wellenlänge des zweiten Lasers (**324**) zwischen etwa 1,06 Mikron und 193 nm liegt.

13. Verfahren gemäß Anspruch 12, worin die Wellenlänge des zweiten Lasers (**324**) eine von i) 1,06 Mikron, ii) 532 nm, iii) 355 nm und iv) 266 nm ist.

14. Verfahren gemäß Anspruch 7, worin der erste Laserstrahl (**302**) durch einen CO₂-Laser erzeugt wird und der zweite Laserstrahl (**332**) durch einen anderen als einen CO₂-Laser erzeugt wird.

15. Verfahren gemäß Anspruch 7, worin der erste Laserstrahl (**302**) durch einen CO₂-Laser erzeugt wird und der zweite Laserstrahl (**332**) erzeugt wird durch einen von i) einem Nd:YAG-Laser, ii) einem Ti-Saphir-Laser, iii) einem Halbleiterdiodenlaser, iv) einem Ar-Ionenlaser und v) einem Excimer-Laser.

16. Verfahren gemäß Anspruch 15, worin der Halbleiterdiodenlaser ein AlGaAs-Laser ist.

17. Verfahren gemäß Anspruch 6, worin die Anreißlinien (**102, 104**) eine Tiefe haben, die nicht größer ist als eine Tiefe der Lage (**106**).

18. Verfahren gemäß Anspruch 6, worin das Substrat (**100**) auf Silicium basiert und die Lage (**106**) auf dem Substrat auf einem anderen Material als Silicium basiert.

19. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18, worin die Beschichtungslage (**106**) einen ersten Absorptionskoeffizienten hat und das Substrat (**100**) einen zweiten Absorptionskoeffizienten hat, relativ zu einer Wellenlänge des ersten Laserstrahls (**302**), wobei der erste Absorptionskoeffizient größer ist als der zweite Absorptionskoeffizient.

20. Verfahren gemäß Anspruch 19, worin der erste Absorptionskoeffizient um zumindest eine Größenordnung größer ist als der zweite Absorptionskoeffizient.

21. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 20, worin eine Mehrzahl von Lasern (**302, 304**) verwendet wird.

22. Verfahren gemäß Anspruch 21, wobei das Verfahren die folgende Schrittsequenz aufweist:

(a) Ausrichten der Mehrzahl von Lasern (**302, 332**)

auf eine Lage (106) des Substrats (100);
 (b) Absorbieren der Energie von einem ersten Laser (302) der Mehrzahl von Lasern (302, 332) in die Lage (106);
 (c) Ausbilden einer ersten Anreißlinie (102) in einer ersten Richtung in der Lage (106) durch Führen des ersten Lasers (302) über die Lage (106), wobei der Laser zumindest einen Teil der Lage entfernt;
 (d) Schneiden einer ersten Kerbe in das Substrat (100) mit einem zweiten Laser (332) der Mehrzahl von Lasern (302, 332) entlang der ersten Anreißlinie;
 (e) Ausbilden einer weiteren ersten Anreißlinie (102) in der ersten Richtung in der Lage (106) auf dem Substrat (100), wobei die weitere Anreißlinie im Wesentlichen parallel zur ersten Anreißlinie ist;
 (f) Schneiden einer weiteren ersten Kerbe in das Substrat (100) mit dem zweiten Laser entlang der weiteren ersten Anreißlinie;
 (g) Wiederholen der Schritte (e) und (f) in der ersten Richtung, bis das gesamte Substrat (100) angerissen und geschnitten ist;
 (h) Ausbilden einer zweiten Anreißlinie (104) in einer zweiten Richtung in der Lage (106) auf dem Substrat (100) durch Führen des ersten Lasers (302) über die Lage und Entfernen zumindest eines Teils der Lage, wobei die zweite Richtung im Wesentlichen orthogonal zur ersten Richtung ist;
 (i) Schneiden einer zweiten Kerbe in das Substrat (100) mit dem zweiten Laser (332) entlang der zweiten Anreißlinie (104);
 (j) Ausbilden einer weiteren zweiten Anreißlinie (104) in der zweiten Richtung in der Lage (106) auf dem Substrat (100), wobei die weitere zweite Anreißlinie im Wesentlichen parallel zur zweiten Anreißlinie ist;
 (k) Schneiden einer weiteren zweiten Kerbe in das Substrat (100) mit dem zweiten Laser (332) entlang der weiteren zweiten Anreißlinie; und
 (l) Wiederholen der Schritte (j) und (k) in der zweiten Richtung, bis das gesamte Substrat (100) angerissen und geschnitten ist,
 wobei die erste Kerbe, die weiteren ersten Kerben, die zweite Kerbe und die weiteren zweiten Kerben eine Mehrzahl von Abschnitten (100a, 100b, 100c, ...) aus dem Substrat (100) bilden.

23. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 22, worin der zweite Laser (324) mit einem vorbestimmten Abstand von dem ersten Laser (304) angeordnet ist.

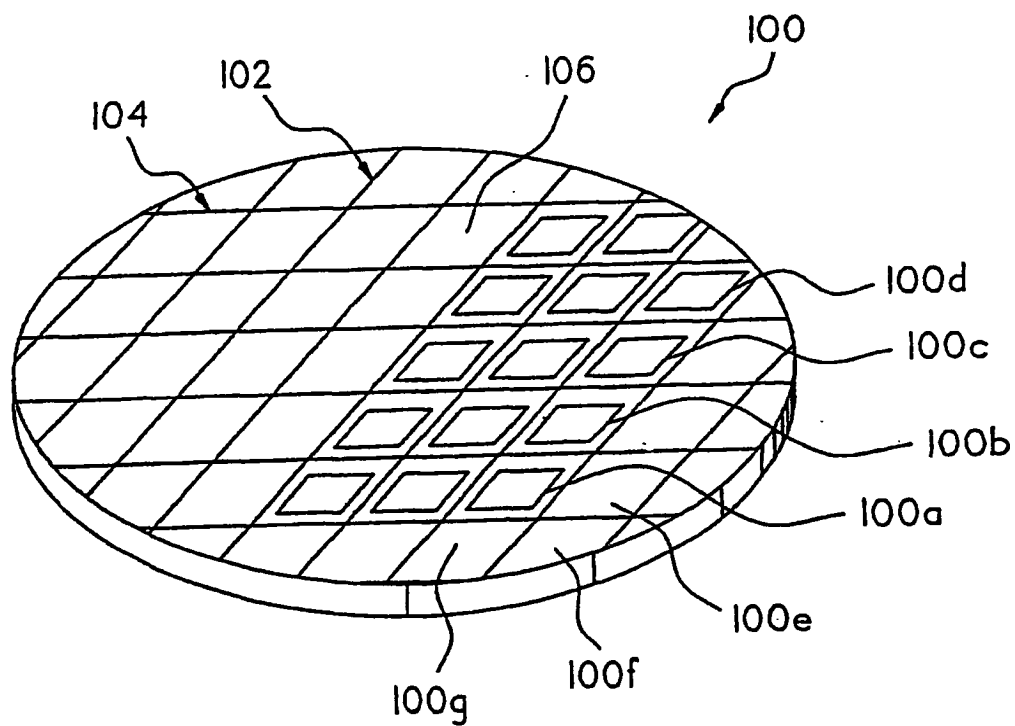
24. Verfahren gemäß Anspruch 21, wobei das Verfahren die folgende Schrittsequenz umfasst:
 (a) Ausrichten eines ersten Lasers (302) auf eine Lage (106), die auf einer Oberseite des Substrats (100) angeordnet ist;
 (b) Ausbilden eines ersten Satzes von Anreißlinien (102) in einer ersten Richtung in der Lage (106) durch Führen des ersten Laserstrahls (302) über die Lage, wobei der erste Laser zumindest einen Teil der Lage entfernt;

(c) Ausrichten eines zweiten Lasers (332) auf die Oberseite des Substrats (100);
 (d) Schneiden eines ersten Satzes von Kerben in das Substrat mit dem zweiten Laser (332) entlang dem ersten Satz von Anreißlinien (102);
 (e) Ausbilden eines zweiten Satzes von Anreißlinien (104) in einer zweiten Richtung in der Lage (106) durch Führen des ersten Lasers (302) über die Lage (106), und Entfernen zumindest eines Teils der Lage mit dem ersten Laser;
 (f) Schneiden eines zweiten Satzes von Kerben in das Substrat (100) mit dem zweiten Laser (332) entlang dem zweiten Satz von Anreißlinien (104), wobei der erste Satz von Kerben und der zweite Satz von Kerben eine Mehrzahl von Abschnitten (100a, 100b, 100c, ...) aus dem Substrat (100) bilden.

25. Verfahren gemäß Anspruch 24, worin die zweite Richtung im Wesentlichen orthogonal zur ersten Richtung ist.

26. Verfahren gemäß Anspruch 24, worin der zweite Laser (332) das Substrat (100) entlang den ersten und zweiten Kerben durchschneidet.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen



(STAND DER TECHNIK)

FIG. 1

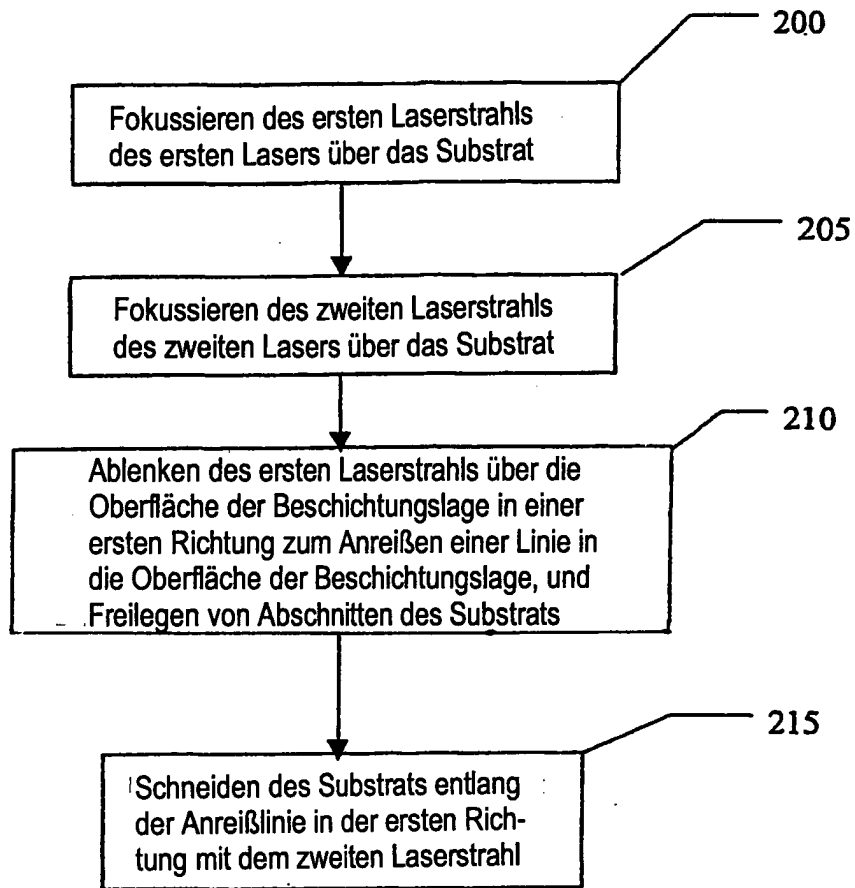


FIG. 2

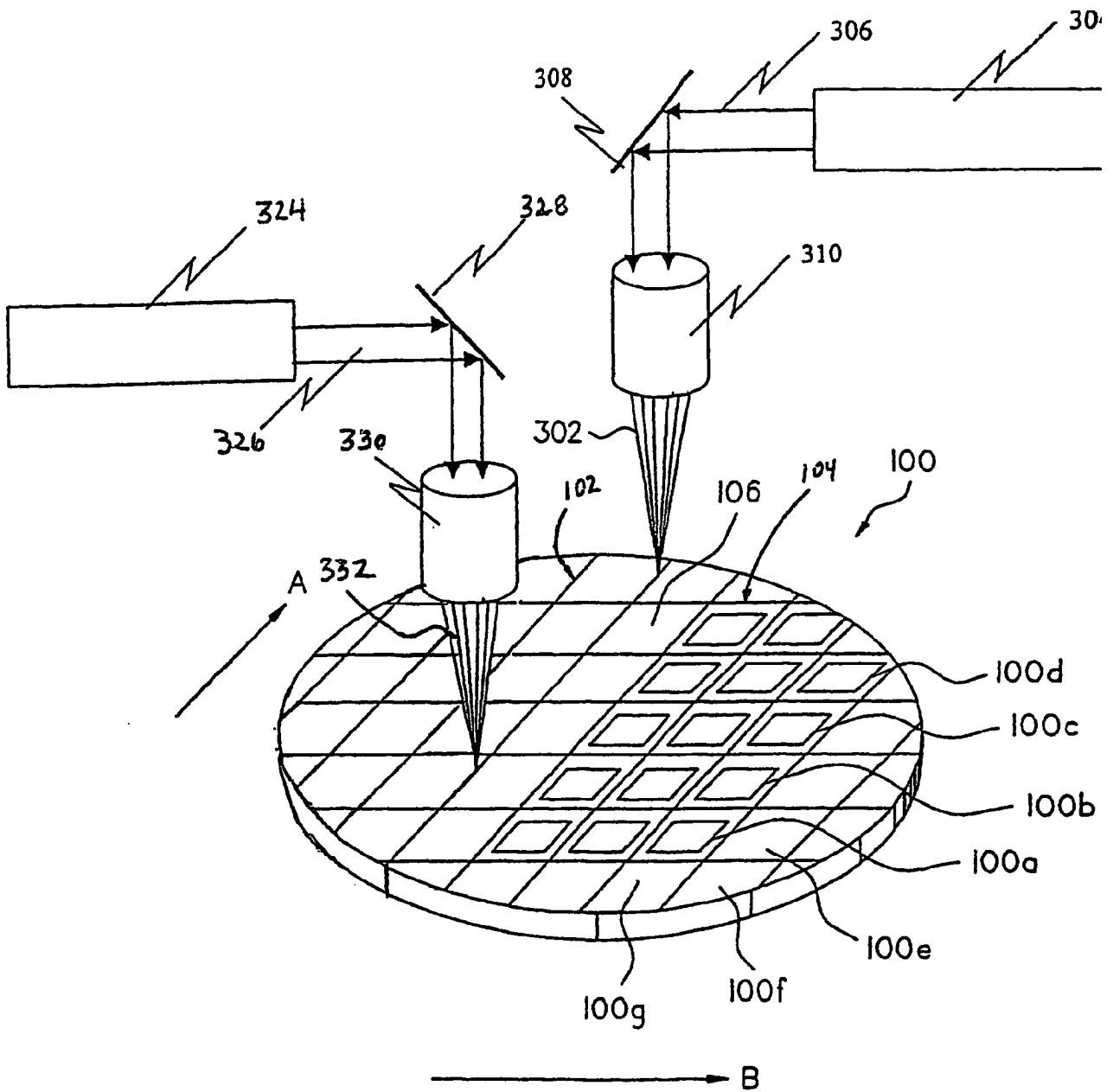


FIG. 3A

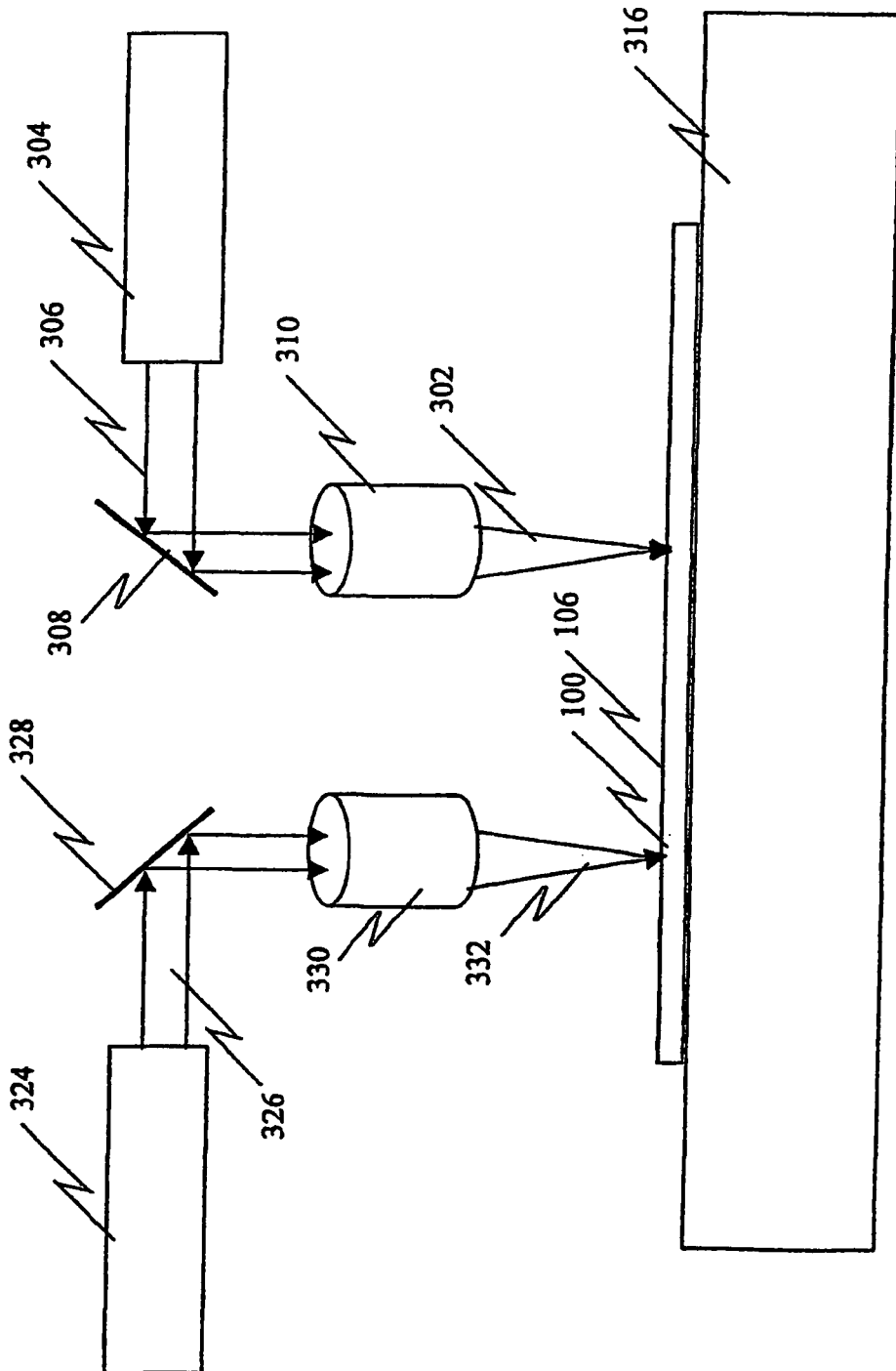


FIG. 3B

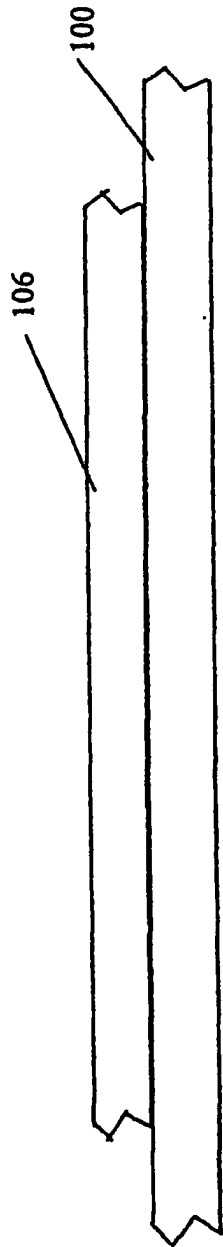


FIG 4A

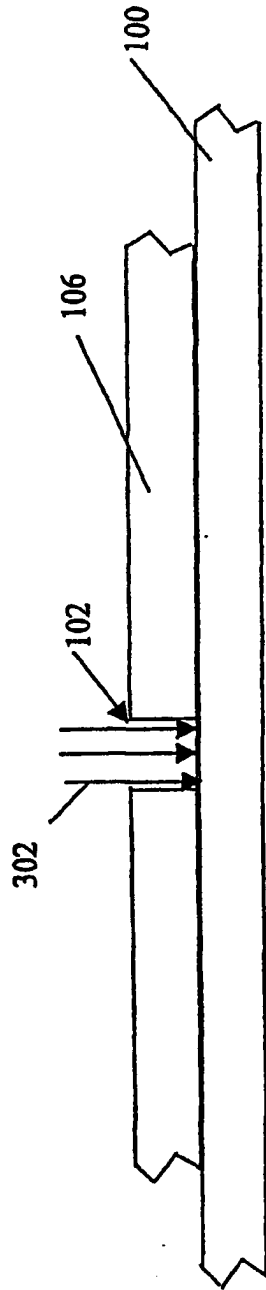


FIG 4B

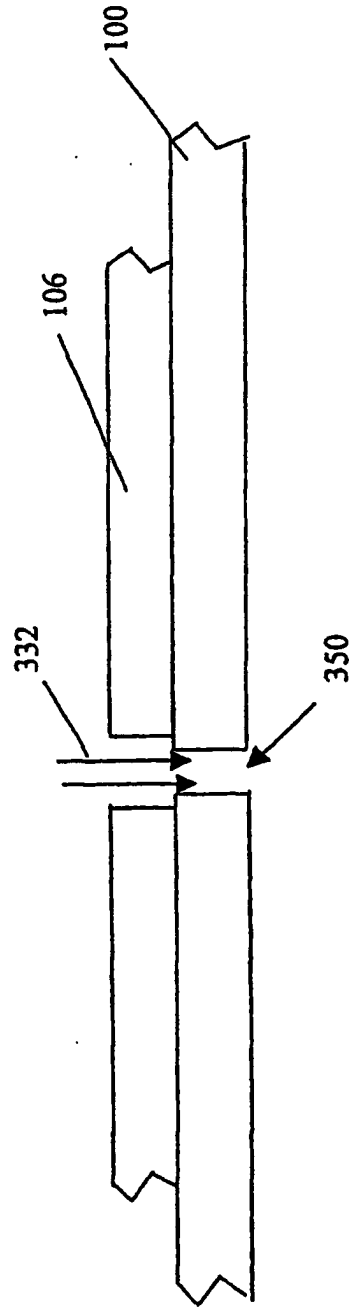


FIG 4C

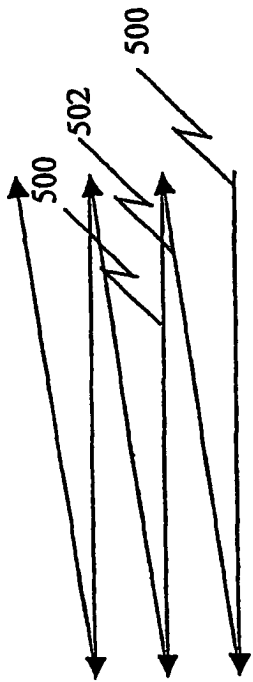


FIG. 5A

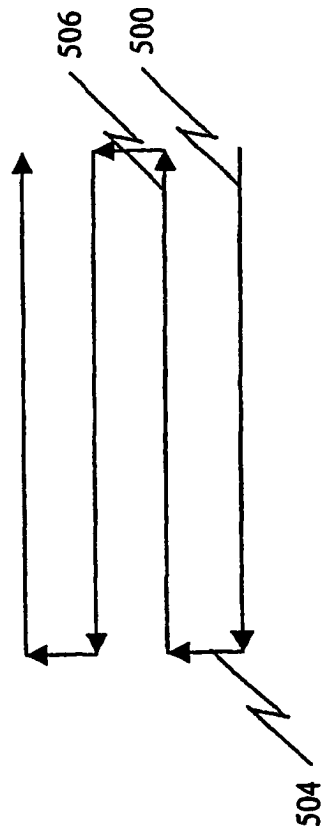


FIG. 5B

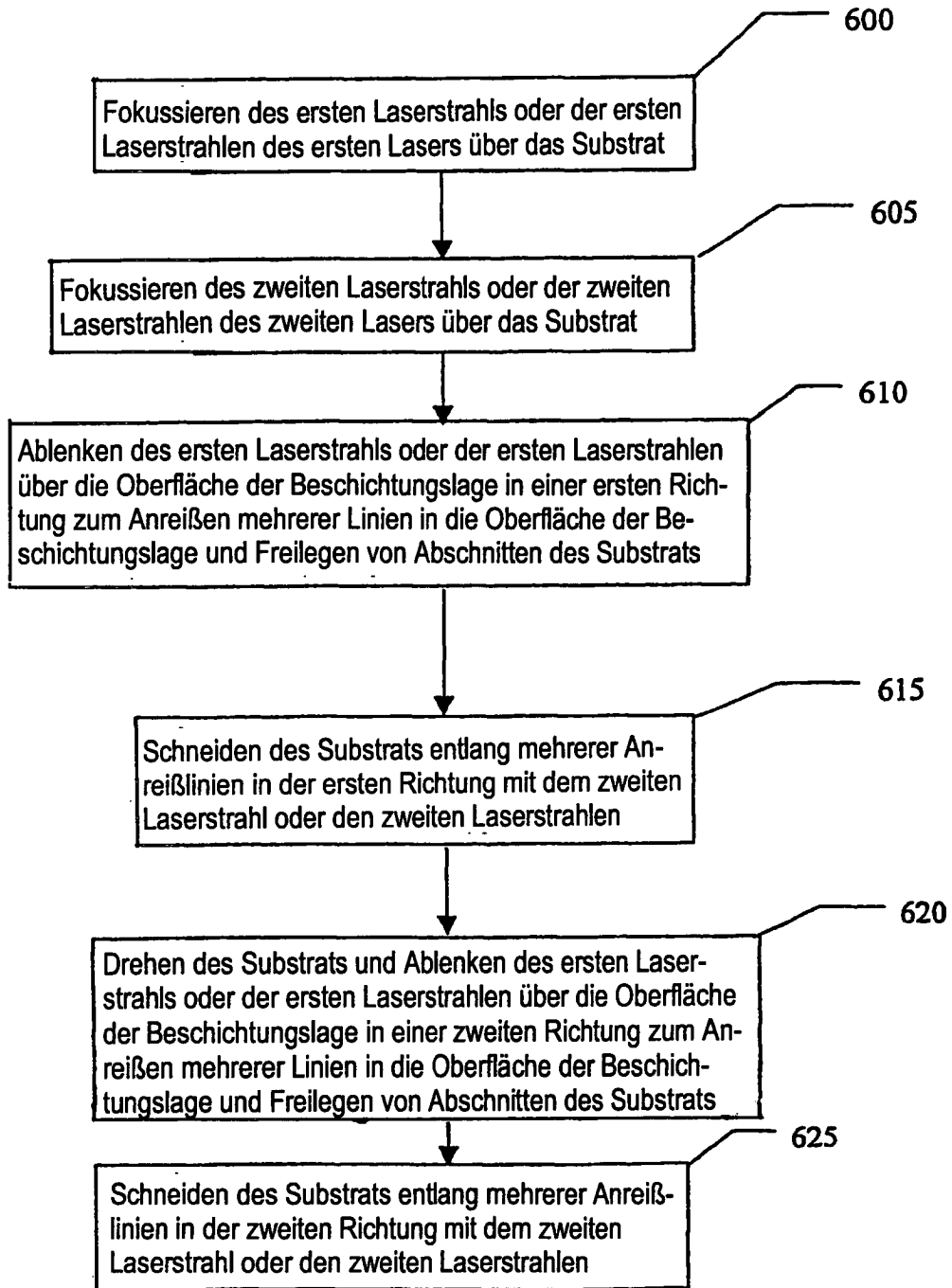


FIG. 6

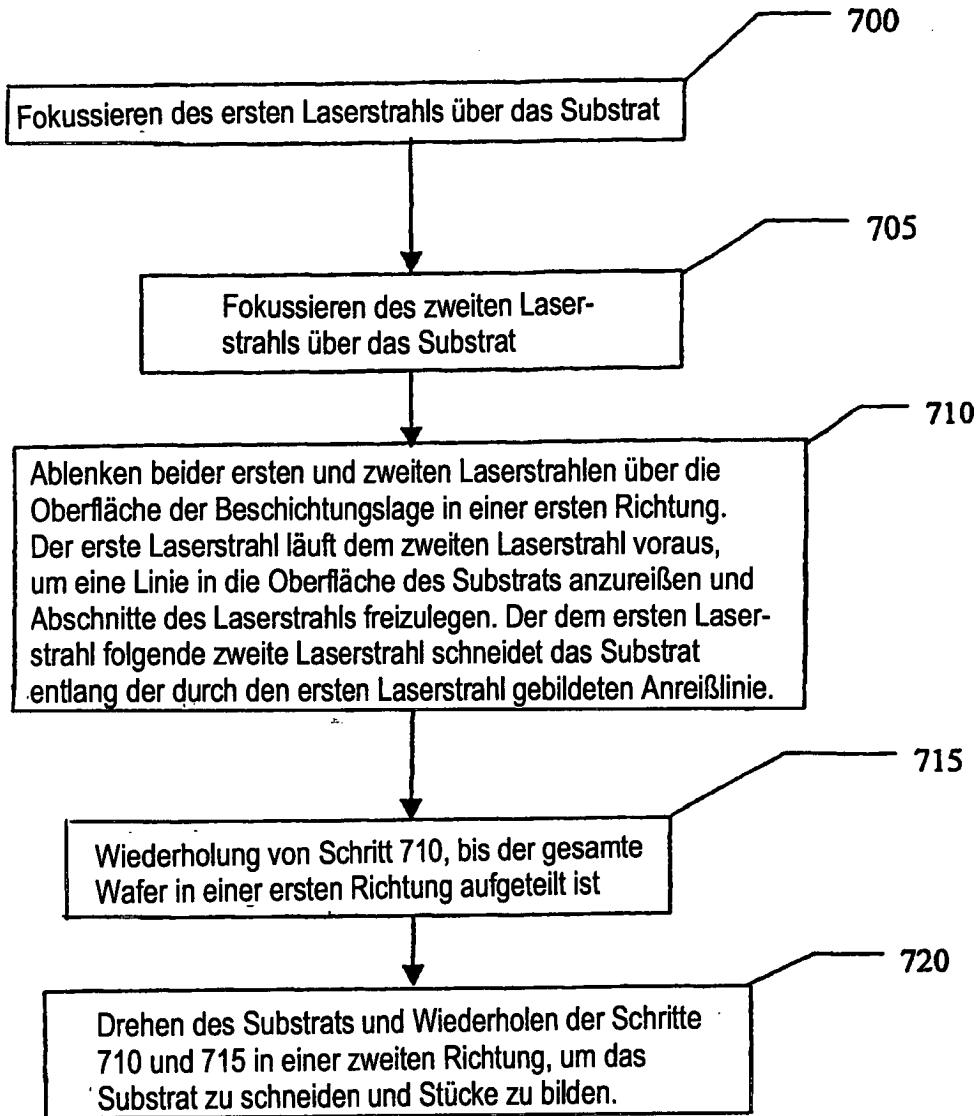


FIG. 7

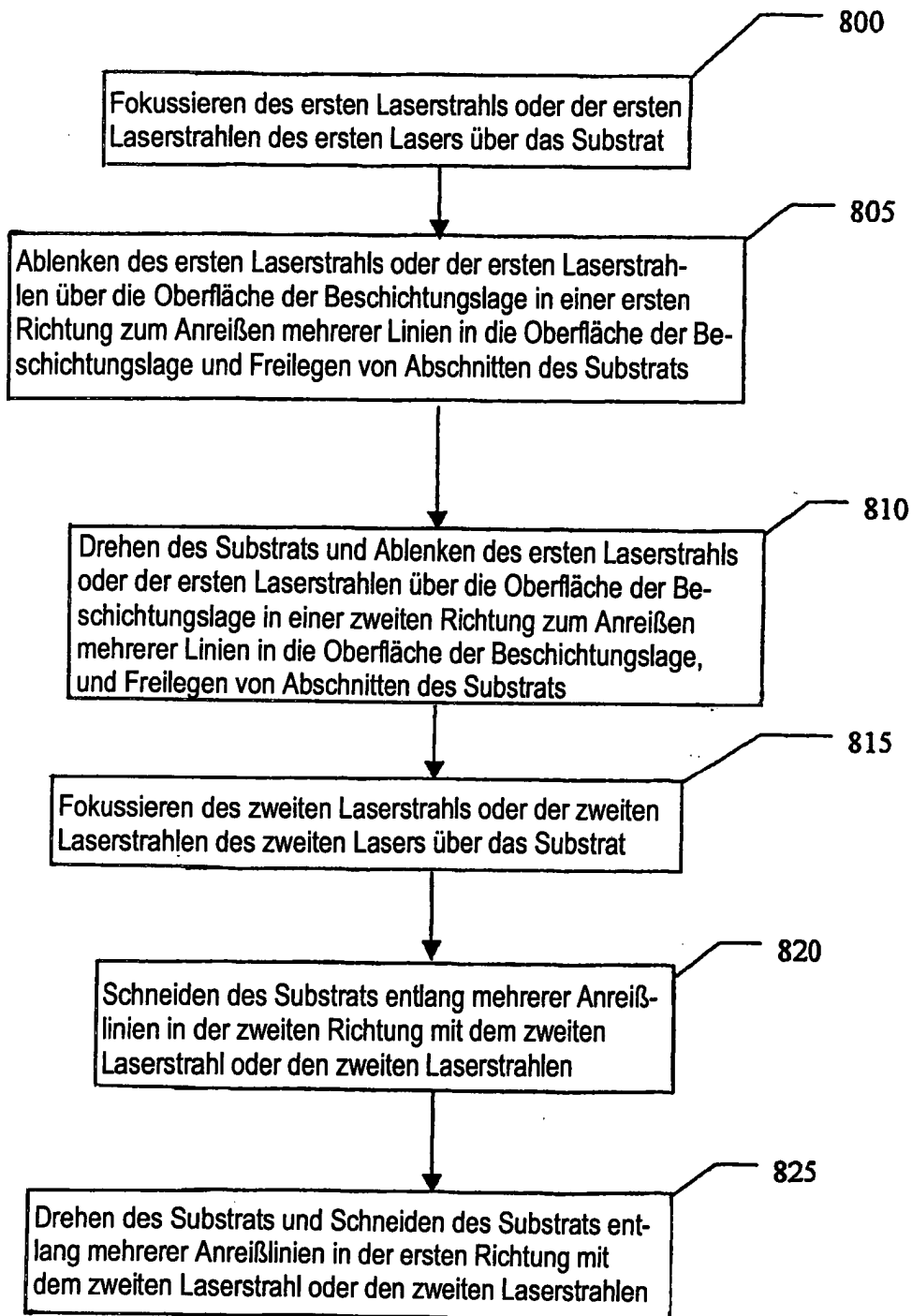


FIG. 8

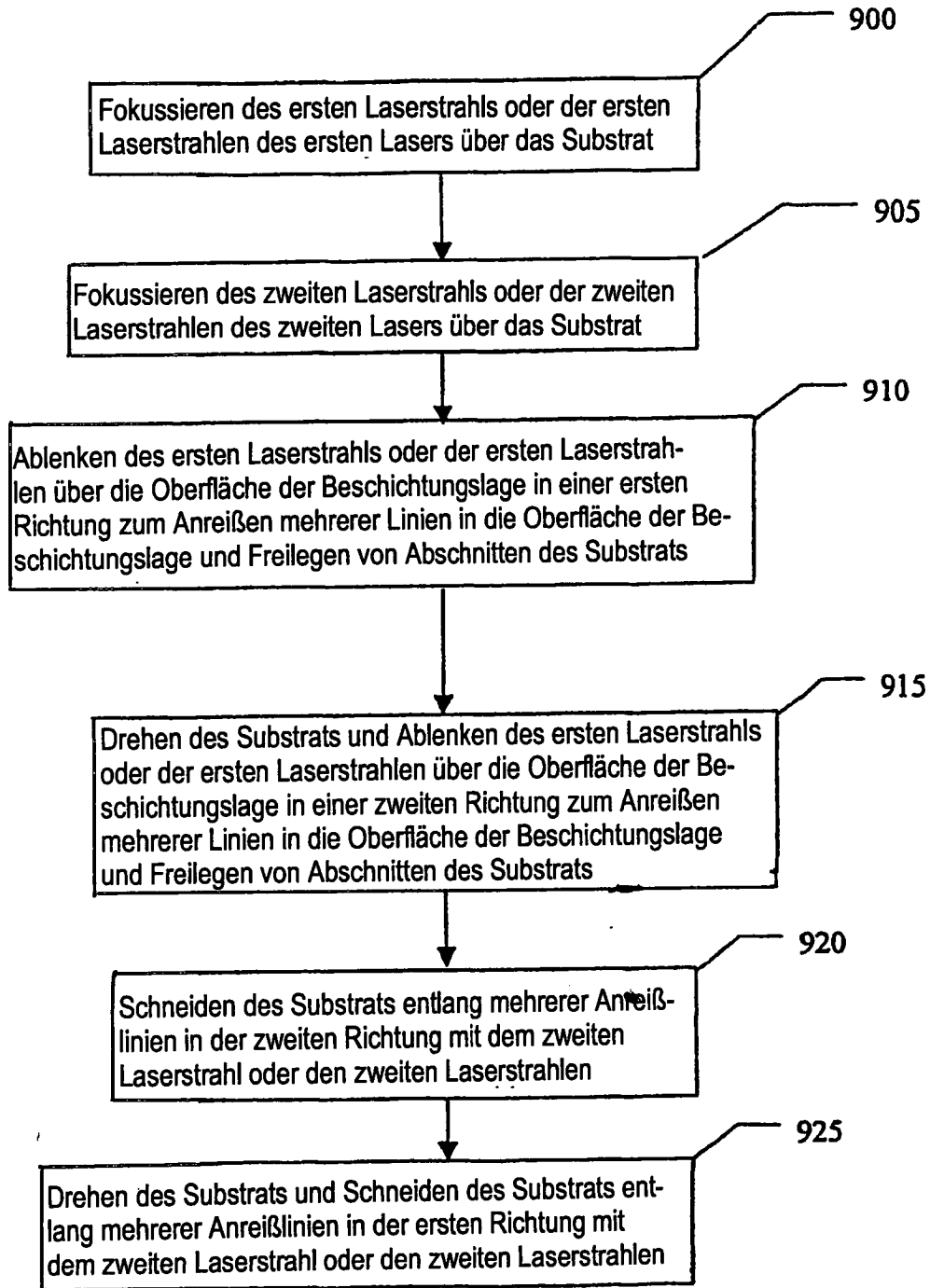


FIG. 9

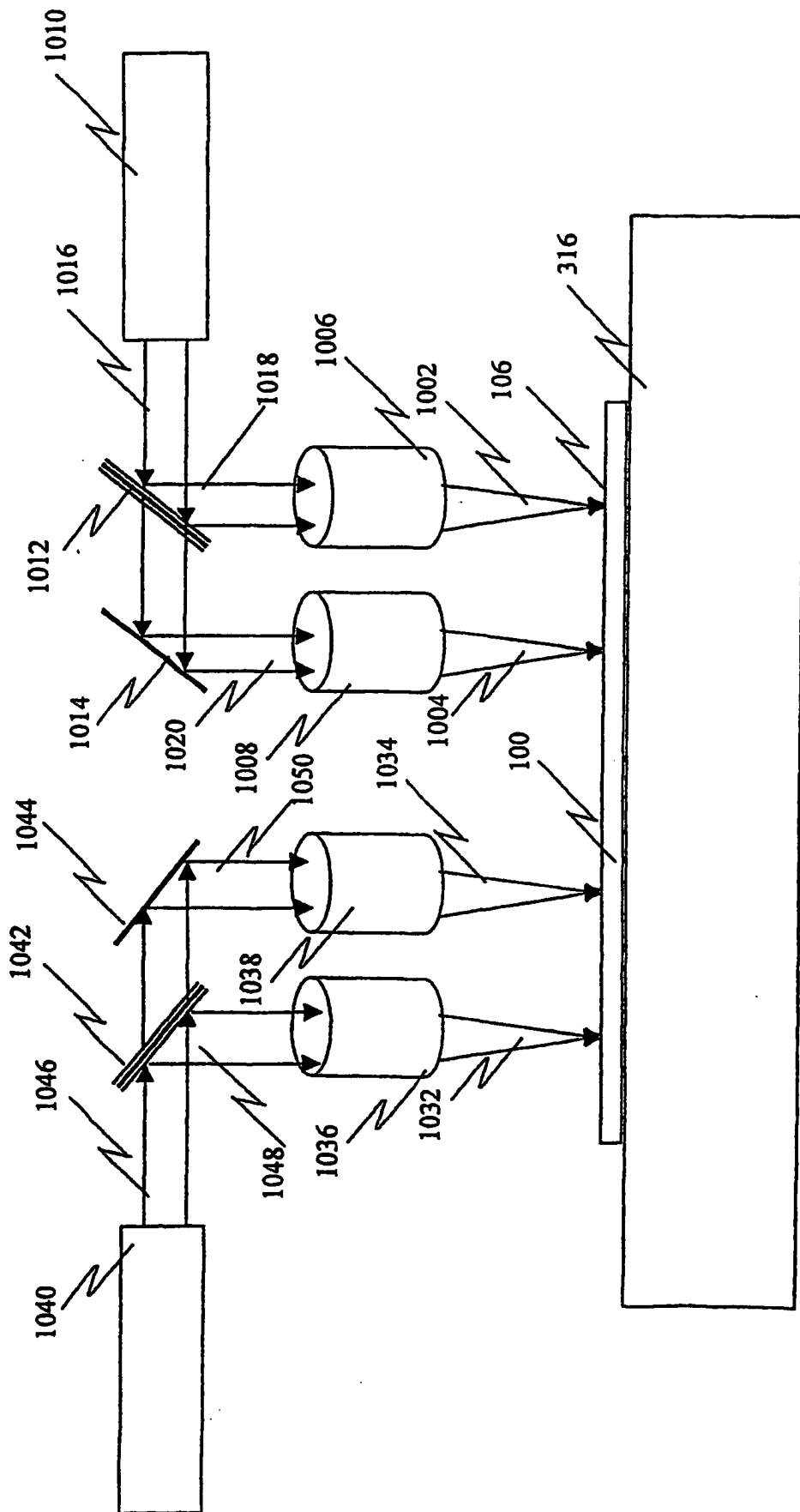


FIG. 10

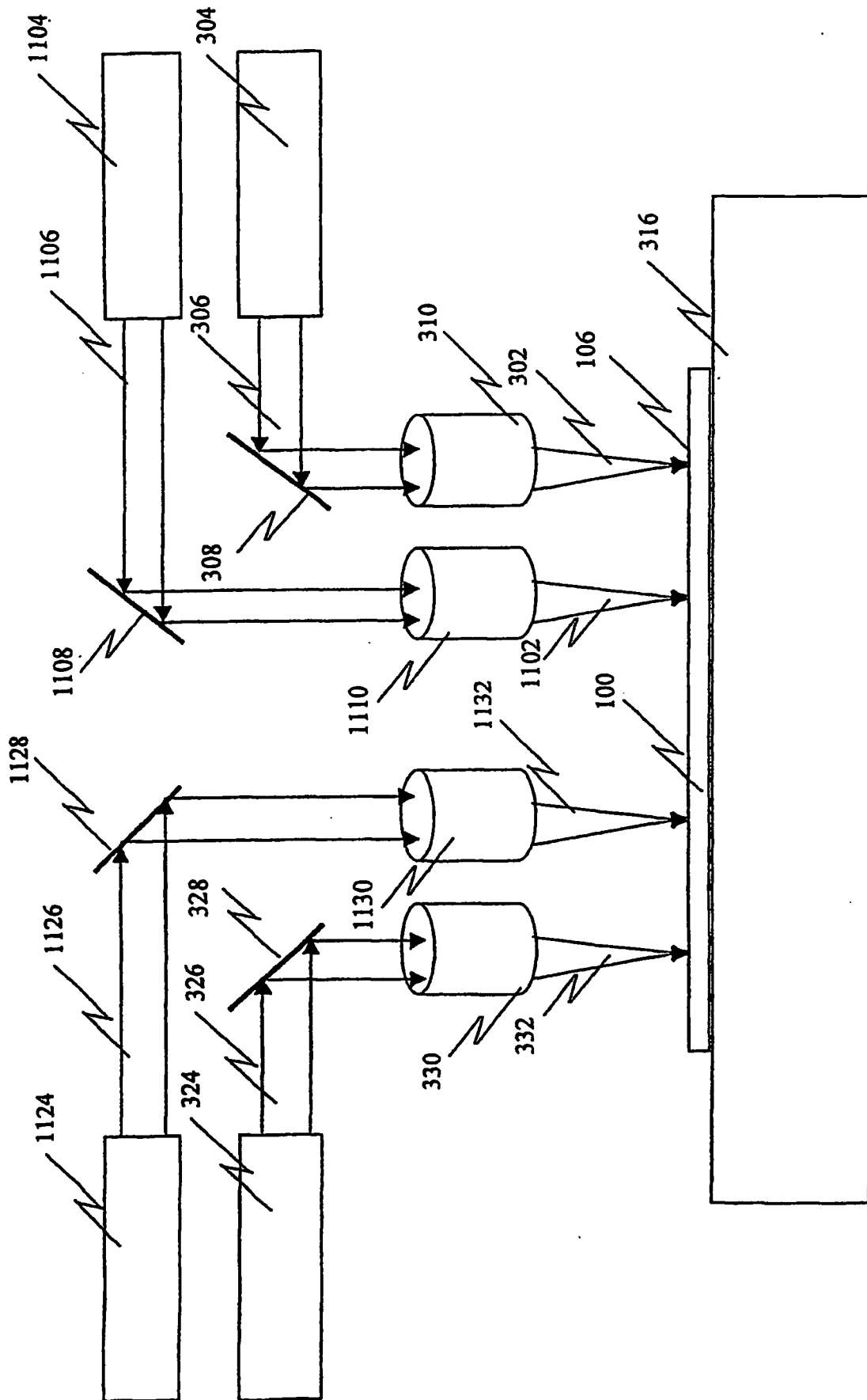


FIG. 11