



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 11 2007 001 065 T5 2009.04.23

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2007/130986**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2007 001 065.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2007/067945**
(86) PCT-Anmeldetag: **01.05.2007**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **15.11.2007**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **23.04.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/324 (2006.01)**
H01L 21/477 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
11/417,269 02.05.2006 US

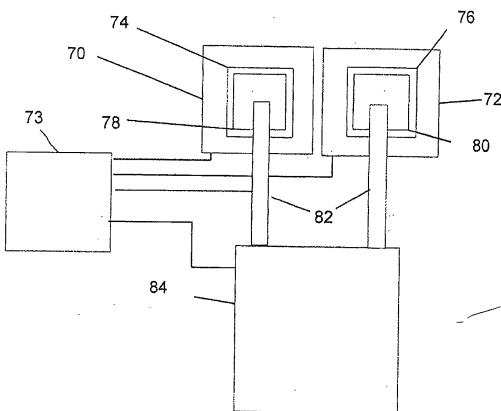
(74) Vertreter:
Hofstetter, Schurack & Skora, 81541 München

(71) Anmelder:
Electro Scientific Industries, Inc., Portland, Oreg., US

(72) Erfinder:
Wile, Donald E., Beaverton, Oreg., US; Johansen, Brian C., Hillsboro, Oreg., US

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Laserbearbeitung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Bearbeitung eines ersten und eines zweiten Werkstücks mit einem Laserstrahl und einem ersten und einem zweiten Tisch zum Halten des ersten und des zweiten Werkstücks, umfassend:
Vorsehen eines Laserstrahlweges;
Laden des ersten Werkstücks auf den ersten Tisch;
Ausrichten des ersten Werkstücks in Bezug auf den Laserstrahlweg;
Bearbeiten des ersten Werkstücks mit dem Laserstrahl;
Laden des zweiten Werkstücks auf den zweiten Tisch;
während das erste Werkstück in Bezug auf den Laserstrahlweg ausgerichtet ist, Vorbereiten des zweiten Werkstücks in Bezug auf den Laserstrahlweg; und
Bearbeiten des zweiten Werkstücks mit dem Laserstrahl.



Beschreibung**Technisches Gebiet**

[0001] Im Allgemeinen betrifft die vorliegende Erfindung die Laserbearbeitung eines Werkstücks. Insbesondere betrifft sie eine Laserbearbeitungsvorrichtung, die mindestens zwei im Wesentlichen unabhängige Werkstückhalter bereitstellt. Insbesondere betrifft sie eine Laserbearbeitungsvorrichtung, die mindestens zwei im Wesentlichen unabhängige Werkstückhalter handhaben kann, die ermöglichen, dass zwei oder mehr Werkstücke verschiedene Bearbeitungsschritte gleichzeitig durchlaufen. Die Bearbeitungsschritte können das Laden, Ausrichten, Mikrobearbeiten, Untersuchen oder Entladen eines Werkstücks umfassen. Die vorliegende Erfindung ermöglicht die Mikrobearbeitung von einem oder mehreren Werkstücken, während ein oder mehrere zusätzliche Werkstück andere Bearbeitungsschritte durchlaufen, ohne die Gesamtbearbeitung wesentlich zu ändern oder zu verzögern.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Die Laserbearbeitung wird an einer Vielfalt von elektronischen Vorrichtungen verwendet, um eine Vielfalt von Effekten zu erzielen. Typischerweise erscheinen elektronische Vorrichtungen in verschiedenen Stufen ihrer Herstellung als im Wesentlichen planare Anordnungen von identischen Komponenten, die als Werkstücke bezeichnet werden. Beispiele von Werkstücken umfassen unter anderem Halbleiterwafer, gedruckte oder geätzte Verdrahtungs- oder Leiterplatten oder Anordnungen von passiven oder aktiven Komponenten, die auf Keramik- oder Siliziumsubstraten aufgebaut sind. Im Allgemeinen werden Werkstücke zu und von der speziellen Vorrichtung, die die Laserbearbeitung durchführt, entweder einzeln oder in Chargen befördert, wobei sie häufig in Kassetten oder Magazinen getragen werden, die automatisch entladen und geladen werden können. Der Begriff Laserbearbeitung umfasst das Laden des Werkstücks auf die Vorrichtung, das Ausrichten des Werkstücks auf die Vorrichtung, das Durchführen der Laserbearbeitung und dann das Entladen des Werkstücks von der Vorrichtung.

[0003] Die Laserbearbeitung kann an zahlreichen verschiedenen Werkstücken unter Verwendung von verschiedenen Lasern, die eine Vielfalt von Prozessen bewirken, durchgeführt werden. Beispiele der Laserbearbeitung umfassen die Laserbearbeitung eines ein- oder mehrlagigen Werkstücks, um eine Loch- und/oder Kontaktlochausbildung zu bewirken, und die Laserbearbeitung eines Halbleiterwafers, um ein Waferzertrennen oder eine Wafervereinzelung zu bewirken. Die hierin beschriebenen Laserbearbeitungsverfahren könnten auch auf viele andere Arten von Laser-Material-Wechselwirkungsprozessen an-

gewendet werden, einschließlich, jedoch nicht begrenzt auf die Entfernung von Halbleiterverbindungen (Sicherungen), thermisches Ausheilen, Abgleichen von passiven Komponenten oder Riten oder Vereinzeln von Wafers, einschließlich Silizium oder Substraten, einschließlich Keramik.

[0004] Mehrere Faktoren bestimmen die Erwünschtheit einer Laserbearbeitungsvorrichtung. Diese umfassen die Genauigkeit, Qualität, Brauchbarkeit, Flexibilität und den Durchsatz. Diese umfassen auch solche Vorrichtungen mit multifunktionaler Fähigkeit. Das Hinzufügen von anderen Funktionen zur Vorrichtung ermöglicht dem Benutzer einer solchen Vorrichtung, entweder durch Vermeiden der Überführung des Werkstücks zwischen verschiedenen Vorrichtungen an Durchsatz zu gewinnen, Verringern von Kosten durch die Beseitigung von verschiedenen Vorrichtungen, oder beides. Der Durchsatz ist eine sehr wichtige Erwägung aufgrund seiner direkten Auswirkung auf die Kosten der Bearbeitung auf einer Basis pro Werkstück. Der Systemdurchsatz ist eine Funktion von mehreren Faktoren, einschließlich der Materialentfernungsrate, der Werkstück- und Laserstrahl-Positionierungsgeschwindigkeit und eines anderen Systemmehraufwands. Der Systemmehraufwand ist die Zeit für alle Vorgänge einer Laserbearbeitungsvorrichtung, die nicht direkt an der Materialentfernung oder -modifikation beteiligt sind. Er kann das Laden und Entladen von Werkstücken, das Ausrichten von Werkstücken, das Untersuchen von Werkstücken, das Warten, bis mechanische Komponenten sich nach einer Bewegung ausregeln, und das Warten, bis Laser und andere elektronische Komponenten sich beim Einschalten oder Ändern von Parametern elektrisch einschwingen, umfassen.

[0005] Die Materialentfernungsrate für die Kontaktlochausbildung in mehrlagigen Substraten durch Laserbearbeitung ist teilweise durch die Komplexität des mehrlagigen Substrats, das bearbeitet wird, bestimmt, welches eine Funktion von Faktoren ist, die im Allgemeinen jenseits der Kontrolle des Lasersystementwicklers liegen. [Fig. 1](#) zeigt ein beispielhaftes mehrlagiges Werkstück **10** einer beliebigen Art, das Schichten **12**, **14**, **16** und **18** umfasst. Typischerweise sind die Schichten **12** und **14** Metallschichten, die jeweils Aluminium, Kupfer, Gold, Molybdän, Nickel, Palladium, Platin, Silber, Titan, Wolfram, ein Metallnitrid oder eine Kombination davon umfassen. Die Metallschichten **12** und **14** können Dicken aufweisen, die zwischen etwa 9 µm und etwa 36 µm liegen, aber sie können dünner als 9 µm oder so dick wie 72 µm oder mehr sein.

[0006] Jede Schicht **16** umfasst typischerweise ein organisches dielektrisches Standardmaterial, wie z. B. Benzocyclobutan (BCB), Bismaleimidtriazin (BT), Pappe, einen Cyanatester, ein Epoxid, ein Phenol, ein Polyimid, Polytetrafluorethylen (PTFE), eine Poly-

merlegierung oder eine Kombination davon. Jede organische dielektrische Schicht **16** ist typischerweise dicker als die Metallschichten **12** und **14**. Die Dicke der organischen dielektrischen Schicht **16** kann zwischen etwa 30 µm und etwa 1600 µm liegen.

[0007] Die organische dielektrische Schicht **16** kann eine dünne Verstärkungskomponentenschicht **18** umfassen. Die Verstärkungskomponentenschicht **18** kann eine Fasermatte oder dispergierte Teilchen aus beispielsweise Aramidfasern, Keramik oder Glas, die in die organische dielektrische Schicht **16** gewebt oder in dieser dispergiert wurden, umfassen. Die Verstärkungskomponentenschicht **18** ist typischerweise viel dünner als die organische dielektrische Schicht **16** und kann eine Dicke aufweisen, die zwischen etwa 1 µm und etwa 10 µm liegt. Das Verstärkungsmaterial kann auch als Pulver in die organische dielektrische Schicht **16** eingeführt werden. Die Verstärkungskomponentenschicht **18** mit diesem pulverförmigen Verstärkungsmaterial kann nicht-zusammenhängend und ungleichmäßig sein.

[0008] Die Schichten **12**, **14**, **16** und **18** können intern nicht-zusammenhängend, ungleichmäßig und uneben sein. Stapel mit mehreren Schichten aus Metall, organischem Dielektrikum und Verstärkungskomponentenmaterialien können eine Gesamtdicke aufweisen, die größer ist als 2 mm. Obwohl das willkürliche Werkstück **10**, das als Beispiel in [Fig. 1](#) gezeigt ist, fünf Schichten aufweist, kann die vorliegende Erfindung an einem Werkstück mit einer beliebigen gewünschten Anzahl von Schichten ausgeführt werden, einschließlich eines einlagigen Substrats.

[0009] Die Materialentfernungsrate für eine Laserbearbeitungsvorrichtung ist auch durch die verfügbare Laserenergie pro Impuls und die Impulswiederholungsrate begrenzt. Ein erhöhter Bearbeitungsdurchsatz kann durch Erhöhen der Impulswiederholungsrate mit einer Impulsenergie, die ausreicht, um über entweder Abschmelzung, thermische Verdampfung oder eine Kombination beider eine Materialentfernung zu bewirken, bewerkstelligt werden. Für die meisten Laser, die in Bearbeitungsanwendungen verwendet werden, ist jedoch die Impulsenergie zur Impulswiederholungsrate ungefähr umgekehrt proportional. Folglich gibt es eine maximale Rate der Materialentfernung, die durch die minimale Impulsenergie, die erforderlich ist, um die Materialentfernung zu bewirken, und die maximale Impulswiederholungsrate, bei der diese Energie verfügbar ist, gesteuert wird. Die Auswahl von Lasern hinsichtlich der verfügbaren Impulsenergie und Impulsrate wird durch den technologischen Fortschritt, die Kosten und andere Leistungsparameter, die die Wahl des Laserbearbeitungssystemkonstrukteurs begrenzen können, beeinflusst.

[0010] Ein weiterer Faktor, der sich auf den System-

durchsatz einer Laserbearbeitungsvorrichtung auswirkt, ist die Laserstrahl-Positionierungsgeschwindigkeit. Die Laserbearbeitung beinhaltet typischerweise das Richten eines Laserstrahls auf einen speziellen Punkt auf einem Werkstück und das Betreiben des Lasers für eine spezielle Dauer oder Anzahl von Laserimpulsen. Der Laserstrahl wird durch Bewegen des Werkstücks, des Laserstrahls oder einer Kombination beider auf den speziellen Punkt auf dem Werkstück gerichtet. Der Laserstrahl kann auf eine spezielle Stelle auf dem Werkstück gerichtet werden, an der die Laserbearbeitung durchgeführt wird, und anschließend auf eine nächste Stelle gerichtet werden, an der eine weitere Bearbeitung durchgeführt wird. Alternativ kann der Laserstrahl so gerichtet werden, dass er sich im Wesentlichen kontinuierlich in Bezug auf das Werkstück bewegt, wobei der Laserstrahl dann einen Weg auf dem Werkstück beschreibt, entlang dessen die Bearbeitung durch Pulsieren oder anderweitiges Betreiben des Lasers während der relativen Bewegung zwischen dem Laserstrahl und dem Werkstück durchgeführt wird. Die Laserbearbeitung kann auch durch eine Kombination dieser Verfahren durchgeführt werden. Was beiden dieser Verfahren gemeinsam ist, ist, dass die Rate der Materialentfernung durch die Rate, mit der die Position des Laserstrahls in Bezug auf das Werkstück geändert werden kann, beeinflusst wird. Mehrere Faktoren beeinflussen die Wahl der Bewegungssteuerkomponenten, die die Geschwindigkeit der Laserstrahlpositionierung bestimmen, einschließlich Kosten, Genauigkeit, Leistungsverbrauch und Größe.

[0011] Es ist auch erforderlich, dass die Laserleistung während der Bearbeitung stabil ist, um konsistente, reproduzierbare Ergebnisse sicherzustellen. Um dies zu bewerkstelligen, verwenden Vorrichtungen typischerweise Laserleistungs- oder -energiedektoren während der Bearbeitung, um die Laserleistung zu überwachen und zu überprüfen, dass die Laser innerhalb der erforderlichen Parameter arbeiten. Sowohl die Laser als auch die Leistungs-/Energiedektoren tragen zum Systemmehraufwand bei, da sie Zeit benötigen, um sich zu stabilisieren, nachdem sie eingeschaltet wurden, wodurch der Systemdurchsatz jedes Mal, wenn sie eingeschaltet werden, verringert wird. Laser sind teure Komponenten mit Nutzlebensdauern, die relativ begrenzt und zur Länge der Zeit, die sie eingeschaltet sind, proportional sind. Folglich werden Laser typischerweise ausgeschaltet, wenn sie für verlängerte Zeiträume während Systemvorgängen wie z. B. Laden und Entladen von Werkstücken inaktiv sein sollen.

[0012] Der Systemdurchsatz kann auch durch den Systemmehraufwand beeinflusst werden. Dies umfasst die Zeit, die erforderlich ist, um Werkstücke zu laden, auszurichten und zu entladen. [Fig. 2](#) zeigt ein Zeitablaufdiagramm für eine Vorrichtung des Standes der Technik, die Werkstücke nacheinander lädt,

bearbeitet und entlädt. Die Untersuchung des in [Fig. 2](#) gezeigten Zeitablaufdiagramms zeigt auf, dass eine beträchtliche Menge der Gesamtzeit, die erforderlich ist, um ein Werkstück zu bearbeiten, die im Diagramm als Zeit 0 bis t_2 gezeigt ist, an einer Laserbearbeitungsvorrichtung mit den Mehraufwandaktivitäten des Ladens, Ausrichtens und Wartens, bis der Laser sich einschwingt, verbracht wird **20** (Zeit 0 bis t_1), in Bezug auf die Zeit, die mit der Bearbeitung verbracht wird **22** (Zeit t_2-t_1).

[0013] Einige Laserbearbeitungssysteme wenden mehr als einen Laserstrahl an, um mehr als eine Stelle gleichzeitig zu bearbeiten. Ein Beispiel einer Vorrichtung des Standes der Technik, die zwei Laser verwendet, ist die Vorrichtung, die in der US-Patentanmeldungsveröffentlichung 2005/00985496, "Laser Beam Machining Apparatus", beschrieben ist. Die darin offenbare Vorrichtung weist zwei Werkstücke auf, die an der Vorrichtung angebracht und mit zwei Laserstrahlen gleichzeitig bearbeitet werden. [Fig. 3](#) zeigt ein Zeitablaufdiagramm dieser Methode des Standes der Technik, um durch gleichzeitige Bearbeitung von zwei Werkstücken den Durchsatz zu erhöhen. Die zwei Zeitlinien, die mit WP1 und WP2 bezeichnet sind, bedeuten die Bearbeitung, die auf zwei Werkstücke gleichzeitig angewendet wird. Beide Werkstücke werden während der Zeitdauern **30** und **32** geladen. Beide Werkstücke werden während der Zeitdauern **34** und **36** bearbeitet. Während der Zeitdauern **38** und **40** werden beide Werkstücke entladen und neue Werkstücke werden in die Vorrichtung geladen. Die Bearbeitung an den zwei neuen Werkstücken findet während der Zeitdauern **42** und **44** statt. Obwohl diese Vorrichtung bis zu zweimal den Durchsatz einer Vorrichtung des Standes der Technik mit einzelner Station ergeben kann, zeigt die Untersuchung des Zeitablaufdiagramms in [Fig. 3](#) immer noch einen beträchtlichen Systemmehraufwand, der dem Laden und Entladen von Werkstücken gewidmet ist. Während dieser Lade- und Entladezeit bearbeiten die Laser keine Werkstücke und werden typischerweise ausgeschaltet. Diese Methode leidet unter den erhöhten Kosten und der Komplexität des Hinzufügens eines zusätzlichen Lasers und der optischen und mechanischen Komponenten, die erforderlich sind, um den Laserstrahl auf das Werkstück zu richten, vermeidet jedoch immer noch nicht die Bearbeitungszeitverzögerungen, die mit dem Einschalten und Stabilisieren der Laser verbunden sind.

[0014] Es besteht ein anhaltender Bedarf für eine Vorrichtung zum Durchführen einer Laserbearbeitung von elektronischen Komponenten, die zu einem erhöhten Durchsatz in der Lage ist, wenn entweder ein einzelner oder mehrere Laserstrahlen verwendet werden, um Werkstücke zu bearbeiten, indem die Nutzung des Lasers und der optischen Komponenten verbessert wird.

Zusammenfassung der Erfindung

[0015] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung für ein Laserbearbeitungssystem mit verbessertem Durchsatz von Vorrichtungen, die einen einzelnen oder mehrere Laserstrahlen verwenden, bereitzustellen, indem die Nutzung des Lasers und der optischen Komponenten verbessert wird. Eine weitere Aufgabe dieser Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Laserbearbeitungsvorrichtung bereitzustellen, die mehrere Funktionen in einer einzelnen Vorrichtung bereitstellt, ohne den Durchsatz zu verschlechtern. Um die vorangehenden und weitere Aufgaben gemäß den Zwecken der vorliegenden Erfindung zu erreichen, wie hierin verkörpert und weitgehend beschrieben, werden hierin ein Verfahren und eine Vorrichtung offenbart. Die Erfindung ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bearbeitung von Werkstücken mit einem Laserstrahl mit einem ersten und einem zweiten Tisch zum Halten der Werkstücke und einem Laserstrahlweg. Das erste Werkstück wird auf den ersten Tisch geladen, auf den Laserstrahlweg ausgerichtet und die Bearbeitung begonnen. Während das erste Werkstück in Bezug auf den Laserstrahlweg ausgerichtet ist, wird das zweite Werkstück in Bezug auf den Laserstrahlweg vorbereitet. Die Bearbeitung des zweiten Werkstücks wird begonnen, sobald der Laserstrahl für die Bearbeitung zur Verfügung steht.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0016] [Fig. 1](#) ist eine Stirnansicht eines mehrlagigen Werkstücks.

[0017] [Fig. 2](#) ist ein Zeitablaufdiagramm, das Lade- und Bearbeitungszeiten für ein Bearbeitungssystem mit einzelnen Laser des Standes der Technik zeigt.

[0018] [Fig. 3](#) ist ein Zeitablaufdiagramm, das Lade- und Bearbeitungszeiten für ein Bearbeitungssystem mit doppeltem Laser des Standes der Technik zeigt.

[0019] [Fig. 4](#) ist ein Zeitablaufdiagramm, das Lade- und Bearbeitungszeiten für die vorliegende Erfindung zeigt.

[0020] [Fig. 5](#) ist eine Draufsicht auf ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0021] [Fig. 6](#) ist ein Aufriss eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

[0022] [Fig. 7](#) ist ein schematisches Diagramm eines Lasers, der verwendet wird, um ein Werkstück zu mikrobearbeiten.

[0023] [Fig. 8](#) ist ein schematisches Diagramm von zwei Lasern, die verwendet werden, um zwei Laser-

strahlen zu erzeugen.

[0024] [Fig. 9](#) ist ein schematisches Diagramm eines mehrlagigen Substrats nach der Bearbeitung mit einem Laser.

[0025] [Fig. 10](#) ist ein schematisches Diagramm eines Lasersystems, das verwendet wird, um Substrate zu vereinzeln oder zu ritzen.

Ausführliche Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen

[0026] [Fig. 5](#) ist ein vereinfachtes, teilweises, schematisches Diagramm einer Draufsicht auf ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung mit zwei X-, Y-Tischen **70, 72**, die zwei Tische **74, 76** halten, von denen jeder jeweils Werkstücke **78, 80** halten kann. Die X-, Y-Tische **70, 72** werden durch eine Steuereinheit **73** unabhängig gesteuert, die ein Computer sein kann und die den Betrieb der verschiedenen Teile steuert, die eine bevorzugte Vorrichtung bilden. Die Werkstücke **78, 80** werden auf die bzw. von den Tischen **74, 76** durch einen Ladearm **82** geladen und entladen, der Werkstücke von beiden Stationen zu und von einem automatischen Lader **84** bewegen kann. Die durchgezogenen Linien zeigen den Ladearm **82** zum Laden oder Entladen des Werkstücks **78** auf den oder vom Tisch **74** positioniert und die gestrichelten Linien zeigen den Ladearm **82** zum Laden oder Entladen des Werkstücks **80** auf den oder vom Tisch **76** positioniert. Der automatische Lader **84** ist eine Vorrichtung, die mehrere Werkstücke hält und unter der Steuerung der Steuereinheit **73** unbearbeitete Werkstücke zum Ladearm **82** für den Transport zu den Tischen **74, 76** liefert oder bearbeitete Werkstücke zur Aufbewahrung im automatischen Lader **84** vom Ladearm **82** annimmt. Ein Gerüst **86** und zugehörige Teile sind in dieser Ansicht der Deutlichkeit halber nicht gezeigt.

[0027] [Fig. 6](#) ist ein vereinfachtes, teilweises, schematisches Diagramm einer Vorderansicht dieses bevorzugten Ausführungsbeispiels mit zwei X-, Y-Tischen **70, 72**, die Tische **74, 76** halten, die wiederum jeweils Werkstücke **78, 80** halten. Ein Gerüst **86** hält die optische Laserstrahlanordnung **88** und eine Videoanordnung **90**. Das Gerüst **86** ist wirksam, um die optische Laserstrahlanordnung **88** zu lenken, um entweder das Werkstück **78** auf dem Tisch **74** (durchgezogene Linien) oder das Werkstück **80** auf dem Tisch **76** (gestrichelte Linien) zu mikrobearbeiten. Ebenso ist das Gerüst wirksam, um eine Videoanordnung zu lenken, um das Werkstück **80** auf dem Tisch **76** (durchgezogene Linien) oder das Werkstück **78** auf dem Tisch **74** (gestrichelte Linien) auszurichten oder gegebenenfalls zu untersuchen. Der Ladearm **82** und der automatische Lader **84** sind in dieser Ansicht der Deutlichkeit halber nicht gezeigt.

[0028] In diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung können das Verfahren und die Vorrichtung sowohl ein- als auch mehrlagige Werkstücke bearbeiten. Einlagige Werkstücke umfassen dünne Kupferbleche, Polyimidplatten zur Verwendung in elektrischen Anwendungen und andere Metallstücke wie z. B. Aluminium, Stahl und Thermoplaste für allgemeine Industrie- und medizinische Anwendungen. Mehrlagige Werkstücke umfassen Mehrchipmodule (MCM), Leiterplatten oder Halbleiterwafer.

[0029] Die Laserbearbeitung besteht typischerweise aus dem Richten eines Laserstrahls auf spezielle Stellen auf einem Werkstück, um eine Änderung am Werkstück zu bewirken, wie z. B. eine Materialentfernung oder Ändern eines messbaren Parameters des Werkstücks, beispielsweise des elektrischen Widerstandes. Die Laserbearbeitung ist ferner typischerweise nur ein Schritt in einem potentiell mehrstufigen Herstellungsprozess, bei dem Materialien, die ein Werkstück bilden, hinzugefügt, entfernt oder modifiziert werden. Die zu bearbeitenden speziellen Stellen an einem Werkstück werden relativ zum Werkstück oder spezieller relativ zu einem Muster am Werkstück, das vorherige oder anschließende Herstellungsschritte darstellt, definiert. Aufgrund von normalen Toleranzen, die der Vorrichtung und dem Herstellungsprozess zugeordnet sind, kann sich, sobald ein Werkstück in die Vorrichtung geladen ist, die tatsächliche Stelle des Werkstück oder ein Muster am Werkstück von einer erwarteten Stelle um ein Ausmaß unterscheiden, das größer ist als erwünscht. Die Ausrichtung bezieht sich auf den Schritt des Bestimmens der Stelle des Werkstücks oder Musters am Werkstück in Bezug auf die Vorrichtung.

[0030] Damit Laserbearbeitungsanwendungen ihre Bearbeitung mit der erforderlichen Genauigkeit durchführen, muss das Werkstück vorbereitet werden. Die Vorbereitung besteht aus dem Laden, Bestimmen der Drehung und dem Ausrichten des Werkstücks auf den Laserstrahl. Eine Weise zum Ausrichten des Laserstrahls auf das Werkstück besteht darin, ein Messundersystem auf Sichtbasis zu verwenden. In diesem Fall wird eine Videokamera auf das Werkstück entweder durch die Laserstrahloptik oder durch einen anderen Satz von Optiken fokussiert. Das Werkstück kann durch den Arbeitslaserstrahl, manchmal mit verringriger Leistung, oder durch eine andere Beleuchtung beleuchtet werden. Die Videokamera wird typischerweise mit einem Computer verbunden, der die Videodaten in digitaler Form erfasst und sie verarbeitet, um die genaue Stelle von Merkmalen im Blickfeld zu bestimmen. Während der Ausrichtung wird dieses Messundersystem auf Sichtbasis verwendet, um die tatsächlichen Stellen von einem oder mehreren Ausrichtungszielen zu bestimmen, die bereits auf dem Werkstück existieren. Typischerweise sind Ausrichtungsziele oder Markierungen

Muster, die auf dem Werkstück über den Verlauf eines vorherigen Herstellungsprozesses erzeugt wurden, und die durch den Laser zu bearbeitenden Stellen werden in Bezug auf diese Ziele definiert. An sich kann die Kenntnis dessen, wie die Ausrichtungsziele von ihren idealen Stellen auf jene transformiert wurden, die während der Ausrichtung gemessen wurden, verwendet werden, um eine Transformationsfunktion oder Abbildung zu bestimmen, die dann auf die idealen Laserbearbeitungsstellen angewendet wird, so dass der Laserstrahl während der Bearbeitung genau auf den gewünschten Punkt auf dem Werkstück gerichtet wird. Der Prozess, durch den tatsächliche Ausrichtungszielstellen identifiziert werden, wird typischerweise als "Ausrichtungsroutine" bezeichnet. Die resultierende Transformation oder Abbildung von den idealen Stellen wird typischerweise als "Ausrichtungsalgorithmus" bezeichnet.

[0031] Im einfachsten Fall kann angenommen werden, dass das Werkstück ein starres, planares Objekt ist, das sich in einer bekannten Ebene in Bezug auf die Vorrichtung befindet. In diesem Fall kann die mathematische Beziehung zwischen der erwarteten oder nominalen Stelle des Werkstücks und der tatsächlichen oder gemessenen Stelle als affine Transformation ausgedrückt werden. Wenn die Beziehung affin ist, kann die Beziehung zwischen den kartesischen Koordinaten eines gemessenen Punkts und den Koordinaten seiner nominalen Stelle durch die linearen Gleichungen

$$x' = Ax + By + C$$

$$y' = Dx + Ey + F$$

ausgedrückt werden, wobei x' , y' die Koordinaten des nominalen Punkts sind, x , y die Koordinaten des gemessenen Punkts sind und A , B , C , D , E und F Konstanten sind. Diese Transformation kann Situationen handhaben, in denen die Differenzen zwischen der tatsächlichen Stelle des Werkstücks und der nominalen oder erwarteten Stelle durch Translationen, Rotationen und Maßstabsänderungen in einer gegebenen Ebene ausgedrückt werden können. Wenn angenommen wird, dass das Werkstück ein starres, planares Objekt ist, das frei eine beliebige Haltung in Bezug auf die Vorrichtung annehmen kann, ist die Transformation, die die gemessene Position des Werkstücks mit der nominalen Position in Beziehung bringt, eine perspektivische Transformation, die der allgemeinen Form

$$x' = (Ax + By + C)/(Gx + Hy + I)$$

$$y' = (Dx + Ey + F)/(Gx + Hy + I)$$

folgt, wobei x' , y' , x , y , A , B , C , D , E und F wie vorstehend sind und G , H und I auch Konstanten sind. Andere, komplexere Lösungen existieren, wenn das

Werkstück nicht mehr ein starres, planares Objekt sein muss. Diese Lösungen können typischerweise Gleichungen höherer Ordnung verwenden, um die Oberfläche zu beschreiben, oder manchmal die Oberfläche in kleinere Bereiche unterteilen, von denen jeder durch eine einfachere Transformation angenähert werden kann. Was diese Verfahren gemeinsam haben, ist, dass die tatsächlichen Stellen von Punkten auf dem Werkstück identifiziert und in Bezug auf die Vorrichtung aufgefunden wird, mit dem letzten Ziel, einen Laserstrahl genau auf eine gewünschte Stelle auf dem Werkstück zu richten. Dieses Ziel kann durch physikalisches Bewegen des Werkstücks in Bezug auf den Laserstrahl oder Kalibrieren der Steuersoftware, die den Laserstrahl in Bezug auf das Werkstück bewegt, mit den Informationen hinsichtlich der Ausrichtung des Werkstücks auf die Vorrichtung oder eine Kombination beider erreicht werden.

[0032] Das Ziel des Ausrichtungsprozesses besteht darin, das Werkstück so auszurichten, dass ein oder mehrere Laserimpulse auf ein Werkstück an einer gewünschten Stelle auftreffen. Da jedoch Laserimpulse nur dann existieren, während der Laser tatsächlich Energie emittiert, kann das Werkstück während der Ausrichtung relativ zum Laserstrahl oder Laserstrahlweg ausgerichtet werden, welcher der Weg ist, entlang dessen die Laserimpulse laufen würden, wenn er zu diesem Zeitpunkt Energie emittieren würde. Ferner werden Laserstrahlen manchmal geformt, mit Schlitten versehen und fokussiert, so dass sie eine spezielle dreidimensionale Größe und Form aufweisen. In diesem Fall umfasst die Ausrichtung das Anordnen von speziellen Punkten auf dem Werkstück in Bezug auf eine spezielle Stelle entlang des Laserstrahlweges, die gewünschten Eigenschaften des Laserstrahls entspricht.

[0033] Ein weiterer Aspekt der Ausrichtung besteht darin, dass, obwohl das Ziel darin besteht, das Werkstück auf einen Punkt auf dem Laserstrahlweg auszurichten, dieser Punkt zum Ausrichtungszeitpunkt nicht bekannt sein kann. Ferner können das Werkstück oder der Laserstrahl oder beide durch die Vorrichtung nach der Ausrichtung, aber vor der Bearbeitung bewegt werden. Die Lösung besteht darin, dass die Ausrichtung in Bezug auf einen Bezugspunkt oder einen bekannten Punkt an der Vorrichtung durchgeführt wird. Solange die Stelle des Laserstrahls und des Werkstücks beide in Bezug auf den Bezugspunkt bekannt sind und diese Information beibehalten wird, während beide bewegt werden, kann in dieser Weise die Stelle eines Punkts auf oder unter der Oberfläche des Werkstücks in Bezug auf den Laserstrahl berechnet werden. Dieser Bezugspunkt kann explizit sein, einen bekannten Punkt an der Vorrichtung umfassen, oder kann implizit sein, beispielsweise Ausrichten des Werkstücks auf einen Laserstrahlweg oder eine Kamera/Linsen-Anordnung, die

eine bekannte Beziehung zu dem (den) Laserstrahlweg(en) aufweist. Ein expliziter Bezugspunkt kann sich an einem beweglichen Teil der Vorrichtung befinden, wie z. B. einer beweglichen Werkstückstation oder -spannvorrichtung. Der Fall, in dem eine Komponente, wie z. B. der Laserstrahl, von einer bekannten Stelle zu einer anderen bekannten Stelle bewegt wird, wird als Indizieren bezeichnet. In diesem Fall indiziert der bewegliche Teil typischerweise zwischen Stellen, in denen seine Ausrichtung auf den Rest der Vorrichtung reproduzierbar bekannt ist. Die Ausrichtung hängt immer von der Existenz eines Bezugspunkts oder Koordinatensystems ab, ob implizit oder explizit. Der tatsächliche Prozess der Ausrichtung kann durch physikalisches Ändern entweder der Stelle des Werkstücks oder des Laserstrahlweges durchgeführt werden oder er kann unter Verwendung der Ausrichtungsinformationen durchgeführt werden, um die geeignete Stelle zu berechnen, auf die der Laserstrahl gerichtet werden soll, um die gewünschte Stelle auf dem Werkstück zu bearbeiten. Diese Berechnung kann als Koordinatentransformation ausgedrückt werden. Es ist auch manchmal erwünscht, zusätzliche Ausrichtungsschritte entweder unmittelbar vor oder während der Bearbeitung durchzuführen, um die anfängliche Ausrichtung zu verfeinern oder Änderungen der Ausrichtung, die während des Prozesses auftreten können, zu kompensieren. Dieser endgültige Ausrichtungsschritt wird manchmal beispielsweise nach dem Indizieren aufgrund von Fehlern in der Ausrichtung durchgeführt, die durch normale Herstellungstoleranzen in das System eingeführt werden. Dies ist eine Ausrichtungsprüfung, die die Genauigkeit des vorherigen Vorausrichtungsschritts bestätigt und möglicherweise die vorherige Abschätzung mit allen Komponenten in ihrer Endposition verfeinert, um die Bearbeitung zu beginnen.

[0034] Die vorliegende Erfindung erhöht den Systemdurchsatz durch Bereitstellung mindestens einer zweiten Station, in der ein zu bearbeitendes zweites Werkstück geladen und in einer zweiten Station im Wesentlichen unabhängig ausgerichtet werden kann, während ein vorher geladenes und ausgerichtetes erstes Werkstück in der ersten Station bearbeitet wird. Wenn das erste Werkstück fertig bearbeitet ist, ändert die Vorrichtung die relative Position des Laserstrahls in Bezug auf die zweite Station, um zu ermöglichen, dass der Laserstrahl das zweite Werkstück mikrobearbeitet. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird diese Änderung der relativen Position durch die Station durchgeführt. Es wird jedoch in Erwägung gezogen, dass ein gewisser Teil der Laserstrahloptik oder sowohl der Station als auch der Optik sich ändern kann, um die Änderung zu bewerkstelligen. Für irgendeine der in Erwägung gezogenen Veränderungen kann die Änderung schnell genug sein, um einen kleinen Bruchteil der Zeit zu belegen, die erforderlich ist, um ein Substrat entweder zu laden und auszurichten oder zu mikrobearbeiten. Dies er-

gibt mindestens zwei Vorteile: Der erste ist die offensichtliche Zeitverkürzung und die daraus folgende Erhöhung des Systemdurchsatzes aufgrund des schnellen Richten des Laserstrahlweges auf das Werkstück und des Beginns der Mikrobearbeitung, ohne auf eine langwierige Ladung und Ausrichtung warten zu müssen. Der zweite besteht darin, dass, da das Richten des Laserstrahlweges auf das Werkstück schnell ist, der Laser nicht ausgeschaltet und wieder eingeschaltet werden muss, wodurch der Bedarf für die Lasereinschwingzeit beseitigt oder signifikant verringert wird.

[0035] Für dieses bevorzugte Ausführungsbeispiel macht die Fähigkeit, ein Werkstück in einer Station in Bezug auf einen Bezugspunkt oder einen Satz von Bezugspunkten vorab auszurichten, während der Laserstrahl oder die Laserstrahlen ein vorher geladenes und ausgerichtetes Werkstück bearbeiten, diese Erhöhung des Durchsatzes möglich. Während der Vorausrichtung wird ein Werkstück in Bezug auf eine Referenz oder einen Satz von Referenzen innerhalb der Vorrichtung oder einen Bezugspunkt oder Bezugspunkte ausgerichtet. Der Laserstrahlweg oder die Laserstrahlwege werden, während sie nicht auf das vorab ausgerichtete Werkstück gerichtet werden, auch implizit in Bezug auf den Bezugspunkt oder die Bezugspunkte ausgerichtet. Vor der Bearbeitung werden, wenn das Werkstück oder der Laserstrahlweg oder die Laserstrahlwege beide bewegt werden, um den Laserstrahlweg auf das Werkstück zu richten, die Bewegung oder Bewegungen so durchgeführt, dass die relative Ausrichtung sowohl des Laserstrahlweges oder der Laserstrahlwege als auch des Werkstücks auf die Vorrichtungsreferenz zumindest am Ende der Bewegung aufrechterhalten wird. Bei der Vollendung der Bewegung oder Bewegungen sind sie, da der Laserstrahlweg oder die Laserstrahlwege und das Werkstück ihre Ausrichtung auf einen gemeinsamen Bezugspunkt oder ein vorher kalibriertes Koordinatensystem aufrechterhalten haben, im Wesentlichen in Bezug aufeinander ausgerichtet.

[0036] Für dieses bevorzugte Ausführungsbeispiel wird ein zusätzlicher Schritt zum Prüfen und möglicherweise Verfeinern der Endausrichtung in Erwägung gezogen und kann an diesem Punkt vor dem Beginn der Bearbeitung durchgeführt werden, um kleine Fehlausrichtungen, die durch normale Herstellungstoleranzen oder eine Wärmeausdehnung in den Komponenten, die zum Bewegen des Laserstrahlweges oder der Laserstrahlwege oder des Werkstücks verwendet werden, verursacht werden, zu kompensieren. Diese Endausrichtung belegt nur einen kleinen Bruchteil der Zeit, die erforderlich ist, um ein Werkstück vollständig auszurichten, und stellt folglich keine beträchtliche Verringerung des Systemdurchsatzes dar.

[0037] Wenn die Vorrichtung dieses bevorzugten

Ausführungsbeispiels die Bearbeitung des zweiten Werkstücks beginnt, wird das erste Werkstück wahlweise untersucht und dann entladen und ein neues Werkstück wird an seiner Stelle geladen. Dies kann auf mehr als zwei im Wesentlichen unabhängige Lade- und Entladestationen, die wie vorstehend beschrieben arbeiten, erweitert werden, so dass ein oder mehrere Werkstücke an einer oder mehreren Bearbeitungsstationen bearbeitet werden könnten. In dieser Weise könnte eine Vielzahl von Bearbeitungsstationen, die eine Vielzahl von Laserstrahlen verwenden, einen höheren Prozentsatz der für die Bearbeitung verfügbaren Gesamtzeit verwendet werden, wodurch der Systemdurchsatz weiter gesteigert wird.

[0038] Ein Zeitablaufdiagramm, das den Betrieb dieses bevorzugten Ausführungsbeispiels darstellt, ist in [Fig. 4](#) gezeigt, wobei die obere mit "Laden" markierte Reihe die mit dem Laden und Ausrichten der Werkstücke **78**, **80** und gegebenenfalls Untersuchen der Werkstücke verbrachte Zeit zeigt, während die mit "Bearbeiten" markierte Reihe die mit dem Bearbeiten der Werkstücke verbrachte Zeit zeigt. Beginnend zum Zeitpunkt 0 wird das erste Werkstück **78** in eine erste Station **74** geladen und dort ausgerichtet **50**. Zum Zeitpunkt t_7 ist das erste Werkstück **78** bereit, bearbeitet zu werden, und die erste Station **74** wird in die korrekte Beziehung zum Laserstrahlweg **89** gebracht und die Bearbeitung wird begonnen. Zum Zeitpunkt t_8 wird das zweite Werkstück **80** in die zweite Station **76** geladen und die Ausrichtung **54** wird begonnen. Zum Zeitpunkt t_9 ist das Laden und die Ausrichtung des zweiten Werkstücks **80** in der zweiten Station **76** vollendet und es ist zur Bearbeitung bereit. Zum Zeitpunkt t_{10} bringt das System die zweite Station **76** in die korrekte Beziehung zum Laserstrahlweg **89** und die Bearbeitung des zweiten Werkstücks **80** beginnt **56**. Zum Zeitpunkt t_{10} ist das erste Werkstück **78** in der ersten Station **74** auch für einen wahlweisen Untersuchungsschritt **58** verfügbar. Zu diesem Zeitpunkt wird das Werkstück **78** durch einen automatischen Prozess (nicht dargestellt) untersucht, um die Qualität und Anordnungsgenauigkeit des Laserprozesses zu bestimmen. Die so erzeugten Informationen können zu einer Steuereinheit (auch nicht gezeigt) übertragen werden, um Daten für eine statistische Qualitätskontrollprozedur zusammenzutragen, um eine zusätzliche Bearbeitung des Werkstücks zu leiten, wenn behebbare Fehler erfasst werden, oder um eine mögliche thermische Verformung in der Bohrvorrichtung zu kompensieren. Zum Zeitpunkt t_{11} ist der Untersuchungsschritt **58** vollendet und das erste Werkstück **78** wird entladen und ein zusätzliches Werkstück wird auf die erste Station **74** geladen und dort ausgerichtet **60**. Zum Zeitpunkt t_{12} ist das zusätzliche Werkstück fertig, wobei es ausgerichtet ist **60**, und ist zur Bearbeitung bereit. Zum Zeitpunkt t_{13} bewegt das System den Laserstrahl in die korrekte Beziehung zur ersten Station **74**, die das zusätzliche Werkstück hält, und die Bearbei-

tung **62** beginnt. Zum Zeitpunkt t_{13} steht auch das zweite Werkstück **80** in der zweiten Station **76** zur wahlweisen Untersuchung **64** zur Verfügung. Zum Zeitpunkt t_{14} ist die wahlweise Untersuchung **64** vollendet, das zweite Werkstück **80** wird entladen und ein neues, unbearbeitetes Werkstück wird geladen, vorab ausgerichtet und dadurch für die Bearbeitung **66** bereit gemacht. Durch Laden und Vorausrichten des nächsten Werkstücks, während das aktuelle Werkstück bearbeitet wird, kann dieser Prozess für die Dauer des Bearbeitungsprozesses für eine unbestimmte Anzahl von Werkstücken erweitert werden, was den Mehraufwand, der mit dem Laden, Entladen und Ausrichten jedes Werkstücks verbunden ist, verringert und dadurch den Systemdurchsatz steigert.

[0039] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung, der in diesem bevorzugten Ausführungsbeispiel verkörpert ist, ist die Beseitigung oder Verringerung der Lasereinschwingzeit vom Bearbeitungsprozess. In der Zeitlinie, die dem Stand der Technik zugeordnet ist, der in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellt ist, führt der Laserstrahl während der Zeitspannen, die dem Laden und Ausrichten von Werkstücken zugeordnet sind (**20**, **30**, **32**, **38**, **40**), keine Bearbeitung durch und wird typischerweise ausgeschaltet, um die Lebensdauer des Laseroszillators, der Laseroptik und anderer Teile des Laserstrahluntersystems zu verlängern. Vor dem Beginn der Bearbeitung wird der Laser wieder eingeschaltet und sich stabilisieren lassen. Die Zeitspanne, die erforderlich ist, bis sich der Laser stabilisiert, wird als Einschwingzeit bezeichnet und kann ein beträchtlicher Bruchteil der Lade- und Ausrichtungszeit sein. In der Vorrichtung und im Verfahren, die hierin offenbart sind, muss der Laser zwischen Werkstücken nicht ausgeschaltet werden, da die Zeit zwischen der Bearbeitung von Werkstücken auf die Zeitmenge begrenzt ist, die das System braucht, um den Laserstrahl in die korrekte Beziehung zum Werkstück zu bewegen und die Endausrichtung des Laserstrahls auf das Werkstück durchzuführen. Diese Zeit ist typischerweise ein kleiner Bruchteil der Zeit, die zum Laden und Ausrichten eines Werkstücks erforderlich ist, und erfordert daher nicht, dass der Laser ausgeschaltet wird, wodurch die Einschwingzeit vor dem Beginn der Bearbeitung des nächsten Werkstücks beseitigt oder verringert wird.

[0040] Die Untersuchung der Systemdiagramme in Bezug auf das Zeitablaufdiagramm zeigt, wie die vorliegende Erfindung den Durchsatz für ein Laserbearbeitungssystem erhöht. Wenn die Vorrichtung dieses bevorzugten Ausführungsbeispiels die Bearbeitung von Werkstücken beginnt, belädt der Ladearm **82** eine Station **76** mit dem Werkstück **78** unter der Steuerung der Steuereinheit **73**, die auch das Gerüst **86** lenkt, um die Videoanordnung **90** in die Position zu bewegen, um das Werkstück **78** an der Station **76** auszurichten. Dies ist durch die Zeitspanne **50** in [Fig. 4](#)

dargestellt. Zum Zeitpunkt T_7 in [Fig. 4](#) lenkt die Steuereinheit **73** das Gerüst **86**, um die optische Laserstrahlanordnung **88** in die Position zur Mikrobearbeitung des Werkstücks **78** in der Station **76** zu bewegen. Zu diesem Zeitpunkt wird das Werkstück **78** einer wahlweisen Endausrichtung durch die Videoanordnung **90** durch die Linsen (nicht dargestellt) der optischen Laserstrahlanordnung **88** unterzogen. Die Bearbeitung wird begonnen. Es wird in Erwägung gezogen, dass die Ausrichtung auch durch ein Hilfsausrichtungssystem (nicht dargestellt) durchgeführt werden kann. Dies ist durch die Zeitdauer **52** dargestellt. Während das Werkstück **78** bearbeitet wird, lenkt zum Zeitpunkt t_8 die Steuereinheit **73** den Ladearm **82** zum Holen des Werkstücks **78** vom automatischen Lader **84** und zum Laden desselben in die Station **74**, wobei die Steuereinheit **73** das Gerüst **86** lenkt, um die Videoanordnung **90** in die Position zum Ausrichten des Werkstücks **78** an der Station **74** zu bewegen, was durch die Zeitdauer **54** dargestellt ist. Zum Zeitpunkt t_{10} lenkt die Steuereinheit **73** das Gerüst **86**, um die optische Laserstrahlanordnung **88** in die Position zu bewegen, und fährt mit der Endausrichtung und Bearbeitung des Werkstücks **78** in der Station **74** fort, was durch die Zeitdauer **56** dargestellt ist. Nach dem Laden des Werkstücks **78** an der Station **74** lenkt die Steuereinheit **73** wahlweise das Gerüst **86**, um die Videoanordnung **90** in die Position zu bewegen und die Untersuchung des vorher bearbeiteten Werkstücks **80** an der Station **76** zu beginnen, was durch die Zeitdauer **58** dargestellt ist. Nach der wahlweisen Untersuchung **58** oder anstelle derer im Fall, dass sie nicht durchgeführt wird, lenkt die Steuereinheit **73** den Ladearm **82**, um das Werkstück **80** von der Station **76** abzuladen und es zum automatischen Lader **84** zu liefern und ein neues, unbearbeitetes Werkstück **78** vom automatischen Lader **84** auf die Station **76** zu laden, wo es durch die Videoanordnung **90** ausgerichtet wird, was durch die Zeitdauer **60** dargestellt ist. Zum Zeitpunkt t_{13} ist das Werkstück **78** fertig, woraufhin die Steuereinheit **73** das Gerüst **86** lenkt, um die optische Laserstrahlanordnung **88** und die Videoanordnung **90** in ihre jeweiligen Positionen zu bewegen, um die Bearbeitung des ausgerichteten Werkstücks **80** an der Station **76** zu beginnen (Zeitdauer **62**) und die wahlweise Untersuchung des bearbeiteten Werkstücks **78** zu beginnen (Zeitdauer **64**). Dieser Prozess kann fortfahren, solange eine Lieferung von unbearbeiteten Werkstücken zur Vorrichtung geliefert werden kann. Sobald die Vorrichtung das erste Werkstück **78** geladen und ausgerichtet hat, werden fertig gestellte Werkstücke von der Vorrichtung mit einer mittleren Wartezeit, die im Wesentlichen gleich der mittleren Zeit ist, die erforderlich ist, um ein einzelnes Werkstück zu bearbeiten, ausgesandt. Da die einzigen Vorrichtungskomponenten, die verdoppelt werden müssen, ein X-, Y-Tisch und eine Station sind, die beide relativ zu den Laserstrahl- und Videoanordnungen kostengünstig sind, wird die Erhöhung des Systemdurchsatzes be-

werkstelligt, während zusätzliche Vorrichtungskosten minimiert werden.

[0041] [Fig. 7](#) ist ein vereinfachtes schematisches Diagramm eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung mit einem Laser **102**, der Laserimpulse (nicht dargestellt) erzeugt, die entlang des Laserstrahlweges **112** laufen. Der Laserstrahlweg verläuft durch einen Kollimator **112**, gefolgt von der Strahlformungsoptik **124**. Die Strahlformungsoptik transformiert das räumliche Profil der Laserimpulse von einem im Wesentlichen Gaußartigen Profil in ein erwünschteres Profil. Der Laserstrahlweg **112** verläuft dann durch eine Strahllinse **130** und schließlich zum Werkstück **140**. Die Strahllinse **130** lenkt den Laserstrahl auf den Befehl von einer Steuereinheit (nicht dargestellt) zu gewünschten Stellen auf dem Werkstück **140**.

[0042] Die hierin beschriebene Erfindung umfasst auch weitere Verbesserungen am Durchsatz, wenn die Anforderung zum Minimieren zusätzlicher Kosten gelockert wird. Dies wäre mit einem Ziel der Maximierung des Systemdurchsatzes konsistent, während es weniger die Vorrichtungskosten betrifft. Ein zusätzliches bevorzugtes Ausführungsbeispiel verwendet zwei oder mehr Laserstrahlen, die dasselbe Werkstück bearbeiten. In dieser Weise könnte mit Bezug auf [Fig. 4](#) die mit der Bearbeitung von Werkstücken verbrauchte Zeit (**52**, **56**, **62**) verringert werden und der Systemdurchsatz weiter erhöht werden. Mehrere Laserstrahlen können durch Aufteilen der Ausgabe eines einzelnen Lasers oder kombinierter mehrerer Laser in mehrere Strahlen erzeugt werden. Diese Strahlen können gemeinsam gesteuert werden, um mehrere Exemplare von identischen Elementen, die zu einem einzelnen Werkstück kombiniert sind, zu bearbeiten, oder unabhängig gesteuert werden, um ein beliebiges gewünschtes Muster zu bearbeiten. Die Laserstrahlen können durch eine gemeinsame Optik gerichtet werden oder einige oder alle der optischen Komponenten, die den Strahl formen und/oder lenken, können separat sein.

[0043] [Fig. 8](#) ist ein vereinfachtes schematisches Diagramm dieses zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung mit zwei Bearbeitungslasern **200** und **202**, die durch eine Synchronisationsquelle **204** angesteuert werden. Die Quelle **204** könnte die Laser **200** und **202** durch irgendeines von einer Anzahl von Verfahren synchronisieren, einschließlich der Synchronisation der Auslösesignale, die zu Beleuchtungsquellen gesandt werden, die Energie in die Laser pumpen, oder möglicherweise Synchronisation von Güteschaltern, die innerhalb der Laser **200** und **202** angeordnet sind, um zu ermöglichen, dass sie in einer abwechselnden Weise pulsieren. Die Laser **200** und **202** liefern an ihren Ausgängen jeweilige Laserstrahlen **206** und **208**, die jeweils

aus einer Laserimpulsfolge bestehen. Die Laser **200** und **202** sind so angeordnet, dass die intrinsischen linearen Polarisationsebenen ihrer jeweiligen Ausgangslaserstrahlen **206** und **208** im Wesentlichen parallel sind. Die Laserstrahlen **206** und **208** verlaufen durch jeweilige Kollimatoren **210** und **212**, die jeweils den Durchmesser ihres einfallenden Laserstrahls verringern, während sie ihren Brennpunkt auf Unendlich halten. Der Laserstrahl **206** wird durch den Spiegel **220** so gedreht, dass er durch eine Halbwellenplatte **222** verläuft, die den Polarisationszustand oder die Polarisationsebene des Laserstrahls **206** um 90° dreht, so dass der Kombinator **224**, der differentiell auf den Polarisationszustand oder die Polarisationsebene von einfallendem Licht anspricht, den Laserstrahl **208** im Wesentlichen unbeeinflusst durchlässt und den Laserstrahl **206** reflektiert, so dass die zwei Strahlen zu einem einzelnen koaxialen Laserstrahl **226** werden und durch die Strahlformungsoptik **228** hindurchtreten, die den Laserstrahl zum speziellen Verteilungsmuster (Gaußförmig, Zylinder usw.) formt. Der koaxiale Laserstrahl **226** tritt dann durch eine zweite Halbwellenplatte **240** hindurch, die so eingestellt ist, dass sie die Polarisationsachsen des koaxialen Laserstrahls **226** so dreht, dass sie in einem Winkel von 45° zu den Polarisationsachsen des Teilers **242** liegen. Dies ermöglicht, dass etwa eine Hälfte des koaxialen Laserstrahls **226** durch den Teiler **242** hindurchgelassen wird, um den ersten Laserbearbeitungsstrahl **244** zu bilden, und etwa eine Hälfte des koaxialen Laserstrahls **226** reflektiert wird, um den zweiten Laserbearbeitungsstrahl **246** zu bilden, der durch den Spiegel **248** so gedreht wird, dass er im Wesentlichen in derselben Richtung wie der Laserstrahl **244** gerichtet wird. Man beachte, dass die Strahlen **244** und **248** identische räumliche Informationen aufweisen. Die Strahllenkoptik, die die Laserstrahlen auf das Werkstück richtet, ist nicht gezeigt.

[0044] Die Bearbeitungslaser **200** und **202** können einen UV-Laser, einen IR-Laser, einen grünen Laser oder einen CO₂-Laser umfassen. Sie können dieselbe Wellenlänge oder verschiedene Wellenlängen aufweisen. Ein bevorzugter Bearbeitungslaserausgang besitzt eine Impulsennergie, die zwischen etwa 0,01 µJ und etwa 1,0 J liegt. Ein bevorzugter UV-Bearbeitungslaser ist ein gütegeschalteter UV-DPSS-Laser mit einem laseraktiven Festkörpermaterial, wie z. B. Nd:YAG, Nd:YLF, Nd:YAP oder Nd:YVO₄ oder ein mit Ytterbium, Holmium oder Erbium dotierter YAG-Kristall. Der UV-Laser liefert vorzugsweise einen harmonisch erzeugten UV-Laserausgang mit einer Wellenlänge wie z. B. 354,7 nm (frequenzverdreifacht Nd:YAG oder Nd:YVO₄), 266 nm (frequenzvervierfacht Nd:YAG oder Nd:YVO₄) oder 213 nm (frequenzverfünffacht Nd:YAG oder Nd:YVO₄).

[0045] Ein bevorzugter CO₂-Bearbeitungslaser ist ein gepulster CO₂-Laser, der mit einer Wellenlänge

zwischen etwa 9 µm und etwa 11 µm arbeitet. Ein beispielhafter kommerziell erhältlicher gepulster CO₂-Laser ist der gütegeschaltete Laser Modell Q3000 (9,3 µm), der von Coherent-DEOS in Bloomfield, Connecticut, hergestellt wird. Da CO₂-Laser außerstande sind, Kontaktlöcher wirksam durch die Metallschichten **12** und **14** zu bohren, fehlen mehrlagigen Werkstücken **10**, die mit CO₂-Bearbeitungslasern gebohrt werden, entweder die Metallschichten **12** und **14** oder sie werden derart vorbereitet, dass eine Zielstelle mit einem UV-Laser vorgebohrt oder unter Verwendung eines anderen Prozesses, wie beispielsweise chemischem Ätzen, vorgeätzt wurde, um die dielektrischen Schichten **16** freizulegen.

[0046] Andere laseraktive Festkörpermaterialien oder CO₂-Laser, die mit anderen Wellenlängen arbeiten, können in der Laservorrichtung der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Verschiedene Arten von Laserresonatoranordnungen, der Oberwellenerzeugung des Festkörperlasers, des Güteschaltbetriebs für den Festkörperlaser und den CO₂-Laser, Pumpschemen und Impulserzeugungsverfahren für den CO₂-Laser werden auch in Erwägung gezogen. **Fig. 9** zeigt ein vereinfachtes schematisches Diagramm von Kontaktlöchern, die in einem mehrlagigen Werkstück **260** durch einen Laser (nicht dargestellt) bearbeitet werden. Das Werkstück umfasst organische Zwischenschichten **264**, die zwischen Schichten von metallischem Leitermaterial **266** eingebettet sind. Ein Durchgangskontaktloch ist bei **270** gezeigt und ein Blindkontaktloch, das an der oberen Oberfläche des Werkstücks beginnt und endet, wenn es einen metallischen Leiter **266** erreicht, ist bei **272** gezeigt.

[0047] In Fällen, in denen aufgrund von Verbesserungen an der Laserbearbeitung, wie vorstehend offenbart, die Zeit, die erforderlich ist, um das Werkstück zu mikrobearbeiten, geringer wird als die Zeit, die erforderlich ist, um die Werkstücke zu untersuchen und auszurichten, können zusätzliche Stationen hinzugefügt werden, so dass mehrere Stationen verwendet werden können, um Werkstücke für eine einzelne Laserbearbeitungsstation auszurichten und zu untersuchen. In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel werden mehrere Stationen verwendet, um Werkstücke für mehrere Stationen, in denen die Bearbeitung stattfindet, auszurichten und zu untersuchen, wobei die Anzahl von Stationen und die Anzahl von Laserstrahlen ins Gleichgewicht gebracht werden, um einen maximalen Durchsatz für eine gegebene Menge an Bearbeitungskapazität zu schaffen.

[0048] Das Vorhandensein von mehreren Stationen ermöglicht auch, dass eine Laserbearbeitungsvorrichtung Multifunktionsfähigkeiten besitzt. Die Multifunktionsfähigkeit ist die Fähigkeit, mehr als einen Prozessschritt an einem Werkstück an einer einzel-

nen Vorrichtung durchzuführen. Einige der Vorteile der Multifunktionsfähigkeit sind niedrigere Systemkosten, eine kleinere Vorrichtungsmontagefläche im Fertigungsbereich und ein höherer Durchsatz. Ein Beispiel einer erwünschten Multifunktionsfähigkeit ist die Fähigkeit, die Ergebnisse von Laserbearbeitungsvorgängen an der Vorrichtung, die die Bearbeitung durchgeführt hat, zu untersuchen.

[0049] Die Untersuchung bezieht sich auf die Verwendung einer gewissen Art von Abtastung zum Erfassen von Daten vom bearbeiteten Werkstück, um Informationen hinsichtlich des durchgeführten Bearbeitungsvorgangs zu ermitteln. Ein Beispiel dessen wäre die Verwendung eines Maschinensichtuntersystems, um das Werkstück visuell zu untersuchen. Für ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sind einige der Merkmale, die für bearbeitete Kontaktlöcher in mehrlagigen Substraten untersucht werden könnten, die Stelle die Größe, die Form, die Tiefe, die Verjüngung, der obere Durchmesser, der untere Durchmesser und Trümmer. Für die Substratvereinzelung umfassen einige der zu untersuchenden Merkmale die Größe, die Form, die Tiefe, die Verjüngung, die Richtung und Trümmer, die mit einem Schnitt verbunden sind. Für das Verbindungs durchschmelzen könnten die Stelle und die Vollständigkeit der Verbindungsentfernung, eine Beschädigung am Substrat und Trümmer untersucht werden. Die Daten, die sich aus der Untersuchung ergeben, können verwendet werden, um festzustellen, ob die bearbeiteten Merkmale vorgewählte Qualitätsstandards erfüllen, oder als Eingabe in ein statistisches Prozesssteuerprogramm verwendet werden. Das Vorhandensein von mehreren Stationen erleichtert auch die Untersuchung des Werkstücks unmittelbar nach der Bearbeitung, während das Werkstück noch ausgerichtet ist, wodurch der Bedarf beseitigt wird, dass das Werkstück in ein separates System geladen und dort ausgerichtet wird. Außerdem ermöglicht die Untersuchung des Werkstücks in der Bearbeitungsvorrichtung nach der Bearbeitung, dass Prozesssteuerinformationen sofort zum System zurückgeführt werden, wodurch die Prozesssteuerung verbessert wird.

[0050] Durch die Untersuchung erzeugte Informationen umfassen die Aktualisierung von vorher gemessenen und berechneten Ausrichtungsinformationen. Dies ist in Fällen nützlich, in denen sich die Werkstückausrichtung während der Bearbeitung ändert. Diese Änderungen könnten an normalen Herstellungstoleranzen in der Vorrichtung oder Änderungen von Umgebungsfaktoren, einschließlich Temperatur oder Feuchtigkeit, liegen. Die Untersuchung würde diese Änderungen erfassen und die Informationen zur Vorrichtung zurückführen, um zu ermöglichen, dass die Vorrichtung die Kalibrierungsinformationen ändert, um diese Änderungen zu berücksichtigen und dadurch die Genauigkeit des Prozesses zu erhö-

hen. Diese Korrekturinformationen können durch Messen von bekannten Bezugsmarkierungen am Werkstück oder Messen der Stelle von an einem Werkstück mikrobearbeiteten Merkmalen als Teil der Bearbeitung erhalten werden. In diesem Fall wird die Untersuchung verwendet, um Fehler, die bei der Bearbeitung von Werkstücken durch eine normale Veränderung in der Vorrichtung oder Umgebung herbeigeführt werden, zu kompensieren.

[0051] In anderen bevorzugten Ausführungsbeispielen werden die Bearbeitungseffizienzen, die durch die hierin offenbarte Erfindung erzeugt werden, verwendet, um die Vereinzelung oder das Zertrennen eines Wafers oder Substrats in mehrere unabhängige Teile zu verbessern. In der Elektronikfertigung ist es üblich, mehrere Kopien einer gegebenen Schaltung oder eines gegebenen Schaltungselementes auf einem einzelnen Substrat zu konstruieren. Bevorzugte Werkstücke für das Halbleiterzertrennen umfassen Siliziumwafer, andere Materialien auf Siliziumbasis, einschließlich Siliziumcarbid und Siliziumnitrid, und Verbindungen in den III-V- und II-VI-Gruppen, wie z. B. Galliumarsenid, auf denen integrierte Schaltungen unter Verwendung von Photolithographieverfahren konstruiert werden. Ein zweites Beispiel ist eine Dickschicht-Schaltungsanordnung, in der Schaltungselemente oder elektronische Vorrichtungen auf ein Substrat, das typischerweise aus einem gesinterten Keramikmaterial besteht, siebgedruckt werden. Ein drittes Beispiel ist eine Dickschicht-Schaltungsanordnung, in der Leiter und passive Schaltungselemente auf ein Substrat, das beispielsweise aus einem Halbleitermaterial, einer Keramik oder anderen Materialien besteht, durch Sputtern oder Verdampfung aufgebracht werden. Ein vierter Beispiel wäre die Anzeigetechnologie, in der die Kunststoffschichten und Glassubstrate, die verwendet werden, um Anzeigen herzustellen, unter Verwendung dieser Technologie vereinzelt werden können. Diese Substrate können vereinzelt werden, wobei die auf dem Substrat aufgebauten Schaltungskomponenten durch den Laser vollständig in diskrete Einheiten aufgetrennt oder geritzt werden, wobei der Laser einen Schnitt oder eine Nut in der Oberfläche des Substrats ausbildet, um die anschließende mechanische Auftrennung des Substrats in diskrete Einheiten zu lenken. [Fig. 10](#) zeigt ein vereinfachtes schematisches Diagramm eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, das auf die Vereinzelung oder das Ritzen gerichtet ist. Eine Plattform **300** hält einen Tisch **310**, auf dem ein Werkstück **314** angebracht ist. Ein Gerüst **320** hält einen Laser **324**, der Laserimpulse (nicht dargestellt) entlang eines Laserstrahlweges **328** emittiert. Der Laserstrahlweg **328** wird durch eine Strahllenkoptik **332** durch eine Abtastlinse **336**, die den Laserstrahlweg **328** auf das Werkstück **314** fokussiert, gerichtet. Zusätzlich zur relativen Bewegung zwischen dem Laserstrahlweg **328** und dem Werkstück **314**, die durch die Strahllenkoptik **332** erteilt wird, kann der Tisch **310** Bewe-

gungssteuerelemente enthalten, die das Werkstück **314** in Bezug auf den Laserstrahlweg **328** bewegen. Das Werkstück **314** kann ein Siliziumwafer oder ein anderes Substrat sein. Die Verwendung der hierin beschriebenen Erfindung erhöht den Durchsatz dieser Prozesse, da die Rate der Vereinzelung oder des Ritzens wie Kontaktlochbohren eine Funktion der Anzahl von Impulsen mit Energien, die größer sind als die Abschmelzschwelle und die für jede Einheitszeit geliefert werden, plus der Zeit, die erforderlich ist, um Werkstücke zu laden und auszurichten, ist.

[0052] Es wird in Erwägung gezogen, dass für verschiedene ein- oder mehrlagige Werkstücke, die aus verschiedenen Materialien bestehen, veränderliche Laserparameter, wie z. B. Impulswiederholungsrate, Energie pro Impuls und Strahlfleckgröße, während verschiedener Bearbeitungsstufen programmiert werden können, um einen optimalen Laserbearbeitungsdurchsatz und eine optimale Laserbearbeitungsqualität zu bewirken. Siehe z. B. US-Patent Nr. 5 841 099 von Owen et al. und US-Patent Nr. 6 407 363 von Dunsby et al., die beide auf den Rechtsnachfolger der vorliegenden Patentanmeldung übertragen sind. Die Betriebsparameter der Heizquelle, wie z. B. ihre Leistung, ihr Energieverteilungsprofil und ihre Fleckgröße, können während verschiedener Stufen der Laserbearbeitung konstant gehalten oder geändert werden.

[0053] Für übliche Fachleute ist es ersichtlich, dass viele Änderungen an den Details der vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele dieser Erfindung vorgenommen werden können, ohne von deren zugrunde liegenden Prinzipien abzuweichen. Der Schutzbereich der vorliegenden Erfindung sollte daher nur durch die folgenden Ansprüche bestimmt werden.

Zusammenfassung

[0054] Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bearbeitung von Werkstücken mit einem Laserstrahl (**89**) umfassen einen ersten und einen zweiten Tisch (**74, 76**) zum Halten der Werkstücke (**78, 80**) und einen ersten und einen zweiten Laserstrahlweg. Das erste Werkstück wird auf den ersten Tisch geladen, auf den ersten Laserstrahlweg ausgerichtet und die Bearbeitung begonnen. Während das erste Werkstück in Bezug auf den ersten Laserstrahlweg ausgerichtet ist, wird das zweite Werkstück in Bezug auf den zweiten Laserstrahlweg vorbereitet. Die Bearbeitung des zweiten Werkstücks wird begonnen, sobald der Laserstrahl zur Bearbeitung zur Verfügung steht.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 5841099 [\[0052\]](#)
- US 6407363 [\[0052\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung eines ersten und eines zweiten Werkstücks mit einem Laserstrahl und einem ersten und einem zweiten Tisch zum Halten des ersten und des zweiten Werkstücks, umfassend:
 Vorsehen eines Laserstrahlweges;
 Laden des ersten Werkstücks auf den ersten Tisch;
 Ausrichten des ersten Werkstücks in Bezug auf den Laserstrahlweg;
 Bearbeiten des ersten Werkstücks mit dem Laserstrahl;
 Laden des zweiten Werkstücks auf den zweiten Tisch;
 während das erste Werkstück in Bezug auf den Laserstrahlweg ausgerichtet ist, Vorbereiten des zweiten Werkstücks in Bezug auf den Laserstrahlweg; und
 Bearbeiten des zweiten Werkstücks mit dem Laserstrahl.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Vorbereitens des zweiten Werkstücks in Bezug auf den Laserstrahlweg ferner das Vorbereiten des zweiten Werkstücks, während auf das erste Werkstück der Laserstrahl auftrifft, umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 1, welches ferner das Vorsehen eines Bezugspunkts in Bezug auf den Laserstrahlweg umfasst, wobei die Vorbereitung des zweiten Werkstücks das Indizieren des zweiten Werkstücks oder Laserstrahls in Bezug auf den Bezugspunkt umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Vorbereitung des zweiten Werkstücks das Ausrichten des zweiten Werkstücks auf den Laserstrahlweg umfasst.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt der Bearbeitung das Ausbilden eines Kontaktlochs oder von Kontaktlöchern umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Bearbeitens das Entfernen von Halbleiterverbindungen umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Bearbeitens das Abgleichen einer passiven elektronischen Komponente umfasst.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Bearbeitens das Riten oder Vereinzeln eines Substrats umfasst.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Vorbereitens ferner einen Schritt des Messens der Stelle eines Satzes von Punkten auf einer Oberfläche des zweiten Werkstücks umfasst, um unter einer Auswahl einer Translation, einer Rotation, eines Maßstabs oder einer Höhe des zweiten Werkstücks

zu berechnen.

10. Verfahren nach Anspruch 1, welches ferner das Durchführen einer Endausrichtung des zweiten Werkstücks umfasst.

11. Verfahren zur Bearbeitung von Werkstücken mit einem Laserstrahl entsprechend einem Laserstrahlweg und zwei Tischen zum Halten der Werkstücke, umfassend:
 Laden eines ersten Werkstücks auf den ersten Tisch;
 Ausrichten des ersten Werkstücks in Bezug auf den Laserstrahlweg;
 Richten des Laserstrahlweges auf das erste Werkstück;
 Bearbeiten des ersten Werkstücks mit dem Laserstrahl;
 Laden eines zweiten Werkstücks auf einen zweiten Tisch;
 während der Strahlweg auf das erste Werkstück gerichtet ist, Ausrichten des zweiten Werkstücks in Bezug auf den Laserstrahlweg; und
 Richten des Laserstrahlweges auf das zweite Werkstück, wobei die Ausrichtung zwischen dem Laserstrahlweg und dem zweiten Werkstück im Wesentlichen aufrechterhalten wird, Durchführen eines zusätzlichen Bearbeitungsschritts an dem ersten Werkstück, während das Werkstück auf den Laserstrahlweg ausgerichtet bleibt, nachdem der Laserstrahlweg auf das zweite Werkstück gerichtet wurde.

12. Verfahren nach Anspruch 11, welches ferner das Untersuchen des ersten Werkstücks oder des zweiten Werkstücks umfasst.

13. Laserbearbeitungsvorrichtung zur Bearbeitung einer Vielzahl von Werkstücken mit einem Laserstrahl, umfassend:
 eine Basis;
 einen Laser zum Erzeugen des Laserstrahls, der durch die Basis abgestützt wird;
 einen ersten Tisch und einen zweiten Tisch, die jeweils durch die Basis abgestützt werden, jeweils zum Halten der Werkstücke;
 eine erste räumliche Beziehung zwischen dem Laserstrahl und dem ersten Tisch;
 eine zweite räumliche Beziehung zwischen dem Laserstrahl und dem zweiten Tisch;
 wobei die erste räumliche Beziehung so ausgelegt ist, dass sie sich ändert, während die zweite räumliche Beziehung im Wesentlichen unverändert bleibt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Bearbeitung das Ausbilden eines Kontaktlochs oder von Kontaktlöchern umfasst.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Bearbeitung das Entfernen von Halbleiterverbindungen umfasst.

16. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Bearbeitung das Abgleichen einer passiven elektronischen Komponente umfasst.

17. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Bearbeitung das Ritzen oder Vereinzeln eines Substrats umfasst.

18. Vorrichtung nach Anspruch 13, welche ferner eine Ausrichtungsunteranordnung umfasst, die dazu ausgelegt ist, eine Stelle eines Punkts auf einer Oberfläche von einem der Werkstücke zu messen, um unter einer Auswahl einer Translation, einer Rotation, eines Maßstabs oder einer Höhe des einen Werkstücks zu berechnen.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei die Ausrichtungsunteranordnung dazu ausgelegt ist, eine Endausrichtung des Laserstrahls auf den ersten oder den zweiten Tisch durchzuführen.

20. Verfahren zur Bearbeitung eines ersten und eines zweiten Werkstücks mit einem Laserstrahl, einschließlich des Vorsehens eines ersten und eines zweiten Tischs zum Halten des ersten und des zweiten Werkstücks und eines Laserstrahlweges, und den Schritten des Ladens des ersten Werkstücks auf den ersten Tisch, des Ausrichtens des ersten Werkstücks in Bezug auf den Laserstrahlweg, des Bearbeitens des ersten Werkstücks mit dem Laserstrahl, gekennzeichnet durch die weiteren Schritte:

Laden des zweiten Werkstücks auf den zweiten Tisch;

während das erste Werkstück in Bezug auf den Laserstrahlweg ausgerichtet ist, Vorbereiten des zweiten Werkstücks in Bezug auf den Laserstrahlweg; und

Bearbeiten des zweiten Werkstücks mit dem Laserstrahl.

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei der Schritt des Vorbereitens des zweiten Werkstücks in Bezug auf den Laserstrahlweg ferner das Vorbereiten des zweiten Werkstücks, während der Laserstrahl auf das erste Werkstück auftrifft, umfasst.

22. Verfahren nach Anspruch 20, welches ferner das Vorsehen eines Bezugspunkts in Bezug auf den zweiten Laserstrahlweg umfasst, wobei das Vorbereiten des zweiten Werkstücks das Indizieren des zweiten Werkstücks oder des Laserstrahls in Bezug auf den Bezugspunkt umfasst.

23. Verfahren nach Anspruch 20, wobei das Vorbereiten des zweiten Werkstücks das Ausrichten des zweiten Werkstücks auf den Laserstrahlweg umfasst.

24. Verfahren nach Anspruch 20, wobei der Schritt des Vorbereitens ferner einen Schritt des Messens einer Stelle eines Satzes von Punkten auf einer

Oberfläche des zweiten Werkstücks umfasst, um unter einer Auswahl einer Translation, einer Rotation, eines Maßstabs oder einer Höhe des zweiten Werkstücks zu berechnen.

25. Verfahren nach Anspruch 20, welches ferner das Durchführen einer Endausrichtung des zweiten Werkstücks umfasst.

26. Laserbearbeitungsvorrichtung zur Bearbeitung einer Vielzahl von Werkstücken mit einem Laserstrahl mit einer Basis, einem Laser zum Erzeugen des Laserstrahls, der durch die Basis abgestützt wird, einem ersten Tisch und einem zweiten Tisch, die jeweils durch die Basis abgestützt sind, jeweils zum Halten der Werkstücke, einer ersten räumlichen Beziehung zwischen dem Laserstrahl und dem ersten Tisch, einer zweiten räumlichen Beziehung zwischen dem Laserstrahl und dem zweiten Tisch, dadurch gekennzeichnet, dass:
die erste räumliche Beziehung so ausgelegt ist, dass sie sich ändert, während die zweite räumliche Beziehung im Wesentlichen unverändert bleibt.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, welche ferner eine Ausrichtungsunteranordnung umfasst, die dazu ausgelegt ist, eine Stelle eines Punkts auf einer Oberfläche von einem der Werkstücke zu messen, um unter einer Auswahl einer Translation, einer Rotation, eines Maßstabs oder einer Höhe des einen Werkstücks zu berechnen.

28. Vorrichtung nach Anspruch 26, wobei die Ausrichtungsunteranordnung dazu ausgelegt ist, eine Endausrichtung des Laserstrahls auf den ersten Tisch durchzuführen.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

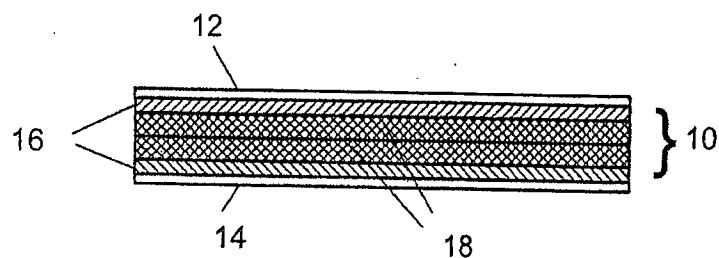


Fig. 1

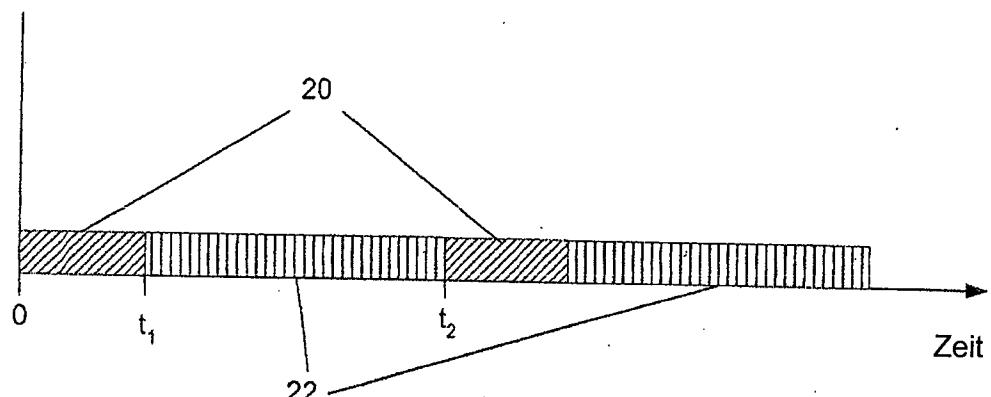


Fig. 2

Stand der Technik

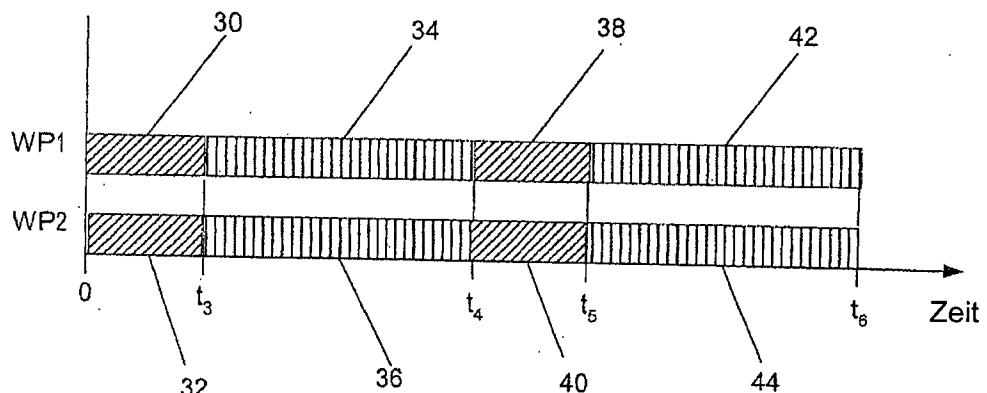


Fig. 3

Stand der Technik

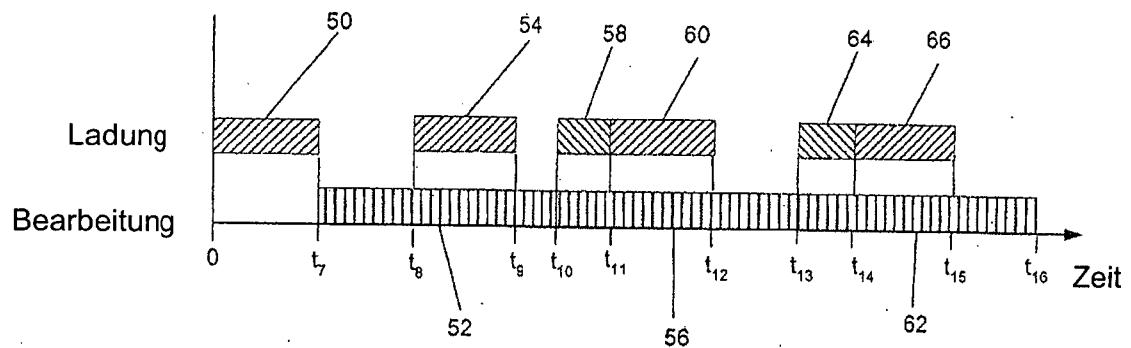


Fig 4

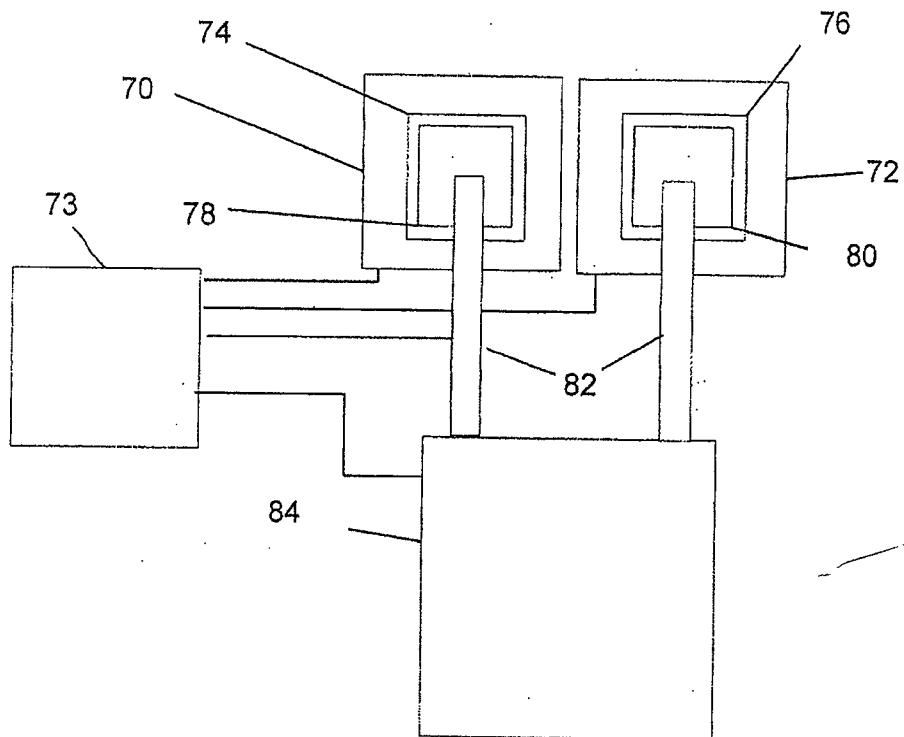


Fig 5

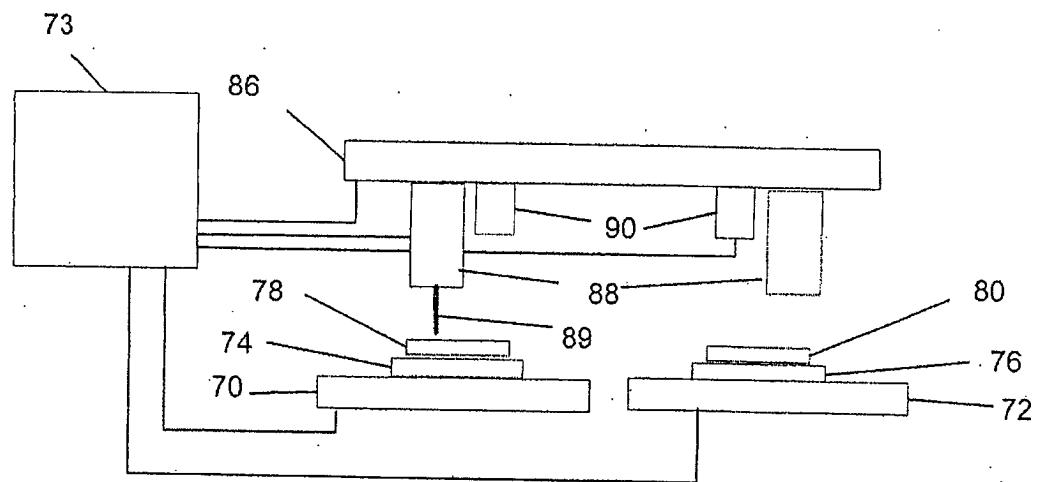


Fig 6

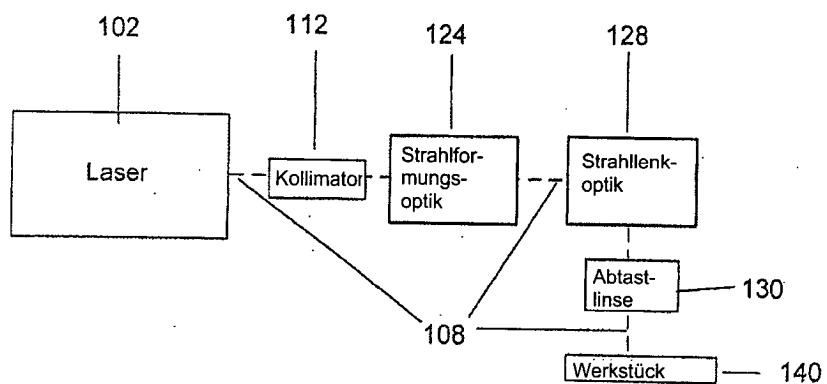


Fig. 7

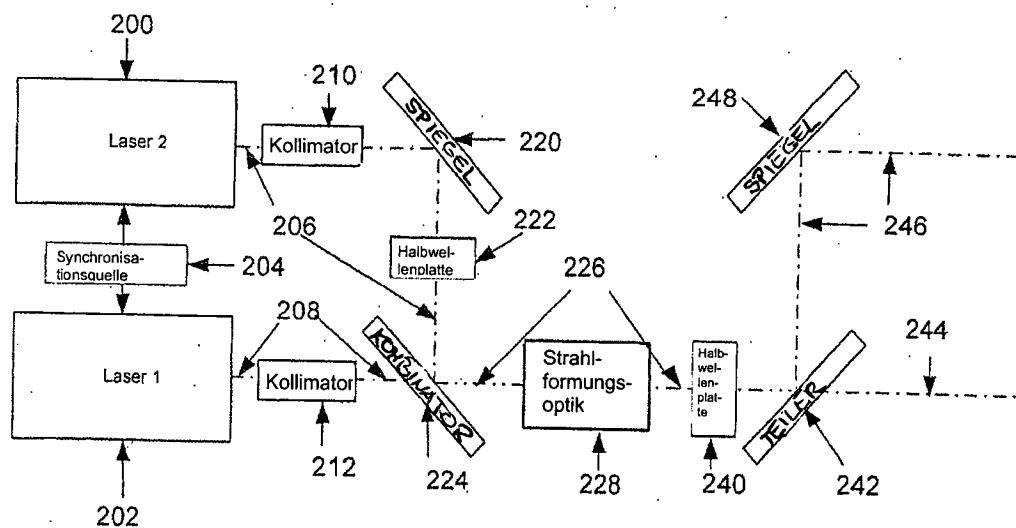


Fig. 8

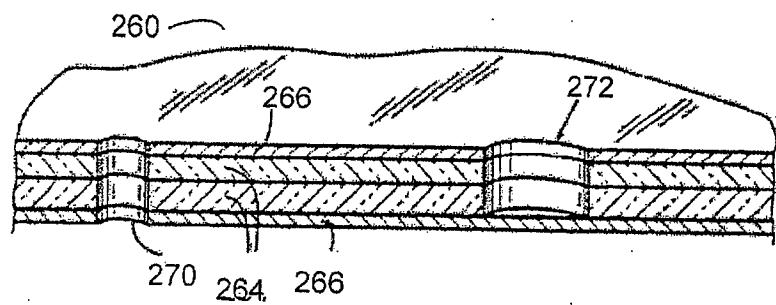


Fig. 9

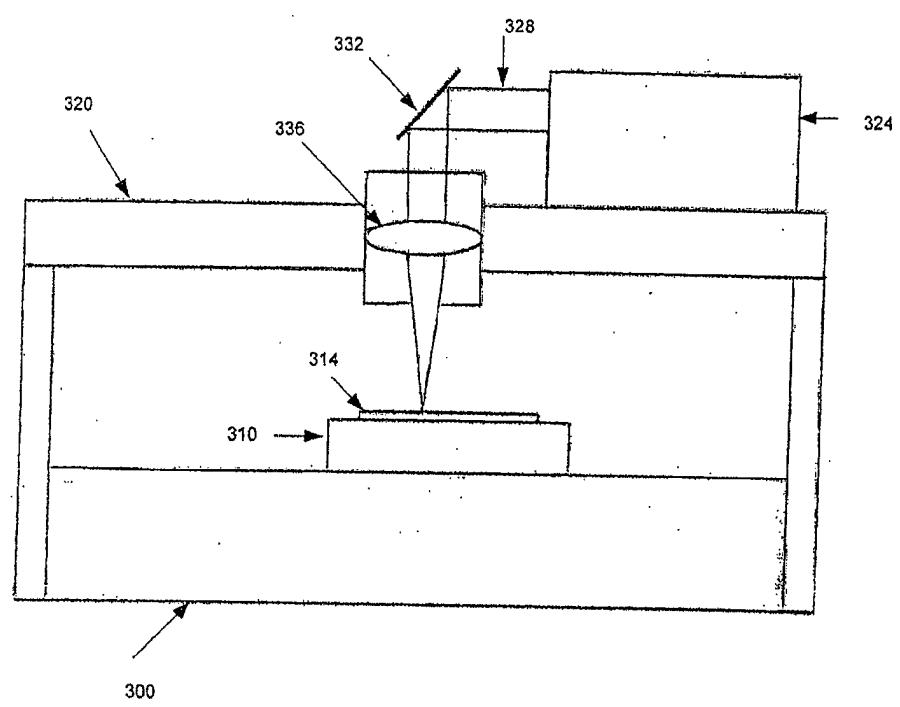


Fig 10