



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 029 193.8**

(22) Anmeldetag: **04.09.2009**

(43) Offenlegungstag: **17.03.2011**

(51) Int Cl.⁸: **B23K 26/10 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG,
71254 Ditzingen, DE**

(72) Erfinder:

**Braun, Jens, 70839 Gerlingen, DE; Rupp, Thomas,
71638 Ludwigsburg, DE; Veas, Dominik, 72072
Tübingen, DE**

(74) Vertreter:

**Kohler Schmid Möbus Patentanwälte, 70565
Stuttgart**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

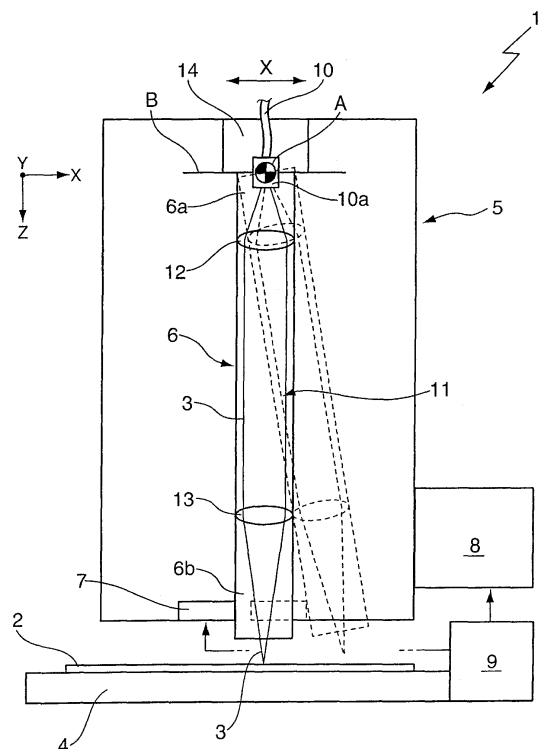
**DE 10 2007 042490 B3
EP 11 62 328 A1**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Laserbearbeitungsmaschine mit redundanten Achsen**

(57) Zusammenfassung: Bei einer Laserbearbeitungsmaschine (1) zur Bearbeitung von Werkstücken (2) mittels eines Laserstrahls (3), umfassen eine Werkstückauflage (4) für zu bearbeitende Werkstücke (2), eine entlang einer oder mindestens zweier Hauptachsen (X, Y) relativ zur Werkstückauflage (4) verfahrbare Verfahrenseinheit (5) und eine an der Verfahrenseinheit (5) vorgesehene optische Bearbeitungseinheit (6), die den Laserstrahl (3) auf das zu bearbeitende Werkstück (2) fokussiert, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Bearbeitungseinheit (6) an ihrem bezüglich der Werkstückauflage (4) einen Ende (6a) schwenkbar an der Verfahrenseinheit (5) um eine oder mindestens zwei Zusatzachsen (A, B) gelagert ist, dass für jede Zusatzachse (A, B) an der Verfahrenseinheit (5) oder an der Bearbeitungseinheit (6) jeweils ein Antrieb (7) zum Auslenken des bezüglich der Werkstückauflage (4) anderen Endes (6b) der Bearbeitungseinheit (6) um die jeweilige Zusatzachse (A, B) vorgesehen ist und dass eine Steuerung (8) vorgesehen ist, die eine gewünschte Bahn des Laserstrahls (4) auf dem Werkstück (2) in eine Bewegung der Verfahrenseinheit (5) entlang der einen bzw. mindestens zwei Hauptachsen (X, Y) und in eine Auslenkung der Bearbeitungseinheit (6) um die eine bzw. mindestens zwei Zusatzachsen (A, B) aufteilt und die Antriebe (7, 8) der Verfahrenseinheit (5) und der Bearbeitungseinheit (6) entsprechend ansteuert.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Laserbearbeitungsmaschine zur Bearbeitung von Werkstücken mittels eines Laserstrahls, wobei die Laserbearbeitungsmaschine eine Werkstückauflage für zu bearbeitende Werkstücke, eine entlang einer oder mindestens zweier Hauptachsen relativ zur Werkstückauflage mittels eines Antriebs verfahrbare Verfahreinheit und eine an der Verfahreinheit vorgesehene optische Bearbeitungseinheit, die den Laserstrahl auf das zu bearbeitende Werkstück fokussiert, umfasst.

[0002] Bei der Lasermaterialbearbeitung von Werkstücken sind hohe Bearbeitungsgeschwindigkeiten angestrebt. Bei bekannten Laserbearbeitungsmaschinen werden die Laserbearbeitungsköpfe über bestimmte Antriebe oder auch mittels Robotern bewegt, um bestimmte Bearbeitungsgeometrien ausbilden zu können. Bei hohen Bearbeitungsgeschwindigkeiten treten in Bereichen, in denen starke Richtungswechsel erforderlich sind, erhebliche Beschleunigungen auf, so dass es bisher erforderlich ist, in solchen Bearbeitungsbereichen die Geschwindigkeit, mit der der Laserbearbeitungskopf bewegt wird, deutlich zu reduzieren, was sich wiederum nachteilig auf die gewünschte hohe Bearbeitungsgeschwindigkeit auswirkt.

[0003] Demgegenüber ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bei einer Laserbearbeitungsmaschine der eingangs genannten Art die Bearbeitungsgeschwindigkeit und damit die Maschinenperformance zu steigern.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Bearbeitungseinheit an ihrem bezüglich der Werkstückauflage einen Ende schwenkbar an der Verfahreinheit um eine oder mindestens zwei Zusatzachsen gelagert ist, dass für jede Zusatzachse an der Verfahreinheit oder an der Bearbeitungseinheit jeweils ein Antrieb zum Auslenken des bezüglich der Werkstückauflage anderen Endes der Bearbeitungseinheit um die jeweilige Zusatzachse vorgesehen ist, und dass eine Steuerung vorgesehen ist, die eine gewünschte Bahn des Laserstrahls auf dem Werkstück in eine Bewegung der Verfahreinheit entlang der einen bzw. mindestens zwei Hauptachsen und in eine Auslenkung der Bearbeitungseinheit um die eine bzw. mindestens zwei Zusatzachsen aufteilt und die Antriebe entsprechend ansteuert. Im Falle nur einer Zusatzachse verläuft diese vorzugsweise parallel zu einer Hauptachse, während im Falle zweier Zusatzachsen diese jeweils parallel zu den zwei Hauptachsen verlaufen können.

[0005] Die Erfindung betrifft auch eine Laserbearbeitungsmaschine zur Bearbeitung von Werkstücken mittels eines Laserstrahls, wobei die Laserbearbeitungsmaschine eine optische Bearbeitungseinheit,

die den Laserstrahl auf das zu bearbeitende Werkstück fokussiert, eine entlang einer oder mindestens zweier Hauptachsen relativ zur optischen Bearbeitungseinheit mittels eines Antriebs verfahrbare Werkstückauflage für zu bearbeitende Werkstücke umfasst und erfindungsgemäß vorgesehen ist, dass die Bearbeitungseinheit an ihrem bezüglich der Werkstückauflage einen Ende schwenkbar an einer Halteeinheit um eine oder mindestens zwei Zusatzachsen gelagert ist, dass für jede Zusatzachse an der Halteeinheit oder an der Bearbeitungseinheit jeweils ein Antrieb zum Auslenken des bezüglich der Werkstückauflage anderen Endes der Bearbeitungseinheit um die jeweilige Zusatzachse vorgesehen ist, und dass eine Steuerung vorgesehen ist, die eine gewünschte Bahn des Laserstrahls auf dem Werkstück in eine Bewegung der Werkstückauflage entlang der einen bzw. mindestens zwei Hauptachsen und in eine Auslenkung der Bearbeitungseinheit um die eine bzw. mindestens zwei Zusatzachsen aufteilt und die Antriebe entsprechend ansteuert.

[0006] Die Erfindung stellt ein redundantes Achssystem bereit, das durch dynamische Zusatzantriebe der Bearbeitungseinheit eine deutliche Performancesteigerung des Gesamtsystems ermöglicht. Wesentliche Bestandteile sind die drehbare bzw. schwenkbare Lagerung der optischen Bearbeitungseinheit um einen definierten Drehpunkt bzw. um eine Dreh- oder Schwenkachse und zumindest ein hochdynamischer Antrieb, welcher die optische Bearbeitungseinheit um zumindest einen definierten Winkel auslenkt. Die Erfindung kommt, da nur die optische Bearbeitungseinheit und nicht auch die Verfahreinheit bewegt werden muss, und aufgrund der pendelartigen Auslenkung der optischen Bearbeitungseinheit mit kleinen Kräften aus. Die dynamischen Werte (Beschleunigung, Ruck, Geschwindigkeit) der Zusatzantriebe, d. h. in der bzw. den Zusatzachse, sind deutlich größer als die in der bzw. den Hauptachsen, bevorzugt mind. 2–3 Mal so groß. Da außerdem die gesamte optische Bearbeitungseinheit ausgelenkt wird, wird eine Änderung der optischen Wegverhältnisse innerhalb der Bearbeitungseinheit vermieden. Durch das Verschwenken ändert sich aber die Abbildung auf der Werkstückoberfläche durch die Verlagerung des Fokus. Je nach Akzeptanzbereich kann hier eine Nachregelung über die Hauptachsen oder aber durch eine Fokuslagenverstellung über eine Abbildungsoptik erfolgen. Die Variante, wonach der bzw. die Antriebe für die Zusatzachse bzw. -achsen an der Verfahreinheit vorgesehen sind, hat den Vorteil, dass diese Antriebe bei einer Bewegung der Bearbeitungseinheit in Z-Richtung nicht mitbewegt werden. So kann insbesondere bei Flachbettmaschinen die kritische bewegte Masse in Z-Richtung reduziert werden.

[0007] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Laserbearbeitungsmaschine ist vorgesehen, dass der Laserstrahl

als divergenter Strahl in die Bearbeitungseinheit eingekoppelt ist und die Bearbeitungseinheit eine Abbildungsoptik, insbesondere eine Teleskopanordnung, aufweist, die den eingekoppelten Laserstrahl auf das zu bearbeitende Werkstück abbildet und insbesondere auch fokussiert. Über die Abbildungsoptik kann eine Nachstellung der Fokusslage erfolgen, bspw. über Vorrichtungen zum Verfahren/Verschieben einzelner optischer Komponenten.

[0008] In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung dieser Ausführungsform ist der Laserstrahl über ein einseitig an der Bearbeitungseinheit befestigtes Lichtleiterkabel in die Bearbeitungseinheit eingekoppelt und verläuft daher unabhängig von der jeweiligen Auslenkung der Bearbeitungseinheit stets entlang der optischen Achse der Bearbeitungseinheit. Zudem bleiben die Komponenten und somit die Abbildungsverhältnisse in der Bearbeitungseinheit somit konstant.

[0009] Vorzugsweise – aber nicht ausschließlich – wird die Laserstrahlung zur Laserbearbeitung durch einen Festkörperlaser, wie bspw. einen Stab-, Scheiben- oder Faserlaser, oder auch einen Diodenlaser zur Verfügung gestellt. Diese eignen sich insbesondere für die Führung der Laserstrahlung über ein Lichtleiterkabel.

[0010] Vorzugsweise ist an der Verfahrenseinheit oder an der Bearbeitungseinheit ein Antrieb zum Verschieben der gesamten Bearbeitungseinheit gegenüber der Verfahrenseinheit in Richtung des aus der Bearbeitungseinheit austretenden Laserstrahls vorgesehen, um so die gesamte Bearbeitungseinheit in der Z-Achse bewegen und dadurch den Abstand zwischen Düse und Werkstück einstellen zu können.

[0011] Zum Verfahren der Bearbeitungseinheit in kartesischen Koordinaten sind zwei hochdynamische Linearantriebe vorgesehen, deren translatorische Antriebsrichtungen zueinander orthogonal verlaufen und eine Ebene aufspannen, die annähernd parallel zur Werkstückauflage, aber auch schräg dazu sein kann. Zum Verfahren der Bearbeitungseinheit in Polarkoordinaten sind ein hochdynamischer Linearantrieb zur Radialauslenkung und ein hochdynamischer Drehantrieb zur Winkelauslenkung vorgesehen, so dass der translatorischen Radialbewegung des Linearantriebs eine rotatorische Bewegung des Drehantriebs überlagert werden kann. Die Steuerung kann in diesem Zusammenhang eine Einheit vorsehen, die je nach Bearbeitungsbahn und -strategie entscheidet, ob in kartesischen Koordinaten oder in Polarkoordinaten verfahren wird.

[0012] Die Erfindung betrifft in weiteren Aspekten auch ein Verfahren zur Laserbearbeitung von Werkstücken mittels der wie oben ausgebildeten Laserbearbeitungsmaschine, wobei eine gewünschte Bahn

des Laserstrahls auf dem Werkstück in eine Bewegung der Verfahrenseinheit entlang der einen bzw. mindestens zwei Hauptachsen und in eine Auslenkung der Bearbeitungseinheit um die eine bzw. mindestens zwei Zusatzachsen aufgeteilt wird und die Antriebe der Verfahrenseinheit und der Bearbeitungseinheit entsprechend angesteuert werden, sowie auch ein Computerprodukt, welches Codemittel aufweist, die zum Durchführen des Verfahrens angepasst sind, wenn das Programm auf einer Datenverarbeitungsanlage abläuft.

[0013] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale je für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigte und beschriebene Ausführungsform ist nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern hat vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung. Es zeigt:

[0014] **Fig. 1** ein erstes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Laserbearbeitungsmaschine mit einer relativ zur Werkstückauflage in den Hauptachsen verfahrbaren Laserbearbeitungseinheit; und

[0015] **Fig. 2** ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Laserbearbeitungsmaschine mit einer relativ zur Laserbearbeitungseinheit in den Hauptachsen verfahrbaren Werkstückauflage.

[0016] In der Zeichnung sind einander entsprechende Bauteile der beiden Ausführungsbeispiele zweckmäßiger Weise mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0017] **Fig. 1** zeigt schematisch eine Seitenansicht der erfindungsgemäßen Laserbearbeitungsmaschine **1** zum Laserschweißen oder Laserschneiden von Werkstücken **2** mittels eines Laserstrahls **3**.

[0018] Die Laserbearbeitungsmaschine **1** umfasst eine horizontale Werkstückauflage (z. B. ein Flachbett) **4** für zu bearbeitende Werkstücke **2**, eine entlang zweier zueinander orthogonaler horizontaler Hauptachsen X, Y über die gesamte Werkstückauflage **4** verfahrbare Verfahrenseinheit **5** (z. B. ein XY-Schlitteneinheit), sowie eine an der Verfahrenseinheit **5** vorgesehene optische Bearbeitungseinheit **6**, die mit der Verfahrenseinheit **5** mitverfährt und den vertikal austretenden Laserstrahl **3** auf das zu bearbeitende Werkstück **2** fokussiert.

[0019] An ihrem bezüglich der Werkstückauflage **4** oberen Ende **6a** ist die Bearbeitungseinheit **6**, z. B. über ein Kardangelenkelement oder eine Kugel-Pfanne-Aufnahme (nicht gezeigt), schwenkbar an der Verfahrenseinheit **5** um zwei zueinander orthogonale Zu-

satzachsen A, B hängend gelagert, welche hier jeweils parallel zu den Hauptachsen X, Y verlaufen. An der Verfahreinheit **5** oder an der Bearbeitungseinheit **6** sind zwei in X- bzw. Y-Richtung verstellbare hochdynamische Linearantriebe **7** vorgesehen, von denen in der Zeichnung nur der X-Lineartrieb gezeigt ist. Die beiden Linearantriebe **7** greifen an dem bezüglich der Werkstückauflage **4** unteren Ende **6b** der Bearbeitungseinheit **6** an und können so, wie gestrichelt angedeutet, die Bearbeitungseinheit **6** unabhängig voneinander um die beiden Zusatzachsen A, B, also zweidimensional auslenken.

[0020] Der XY-Antrieb **8** zum Verfahren der Verfahreinheit **5** und die beiden Linearantriebe **7** werden von einer Steuerung **9** angesteuert, die eine gewünschte Bahnkurve des Laserstrahls **4** auf dem Werkstück **2** in eine Bewegung der Verfahreinheit **5** entlang der Hauptachsen X, Y und in eine Auslenkung der Bearbeitungseinheit **6** um die Zusatzachsen A, B aufteilt und den XY-Antrieb **8** und die zwei Linearantriebe **7** entsprechend ansteuert.

[0021] Der Laserstrahl **3** eines Lasers (nicht gezeigt) ist über ein in die Bearbeitungseinheit **6** eingestecktes Lichtleiterkabel (Glasfaser) **10** als divergenter Strahl in die Bearbeitungseinheit **6** eingekoppelt. Die Bearbeitungseinheit **6** weist dazu an ihrem oberen Ende **6a** eine Steckeraufnahme auf, in die der Faserstecker **10a** des Laserlichtkabels **10** eingesteckt ist und darin zusätzlich drehbar gelagert sein kann. Der eingekoppelte Laserstrahl **3** wird durch eine hier als Linsenteleskopanordnung ausgebildete Abbildungsoptik **11** auf das zu bearbeitende Werkstück **2** abgebildet und fokussiert. Die Abbildungsoptik **11** besteht aus einem Linsensystem, bestehend aus einer in Strahlausbreitungsrichtung verfahrbaren Kollimationslinse **12**, die den aus dem Lichtleiterkabel **10** emittierten Laserstrahl **3** kollimiert und zusätzlich dazu dient, durch Verfahren in Strahlausbreitungsrichtung die Fokusslage auf dem Werkstück zu variieren, und aus einer Fokussierlinse **13**, die den Laserstrahl **3** auf das Werkstück **2** fokussiert.

[0022] An der Verfahreinheit **5** ist weiterhin noch ein motorischer Vertikaltrieb **14** zum vertikalen Verschieben der gesamten Bearbeitungseinheit **6** samt Lichtleiterkabel **10** und Abbildungsoptik **11** gegenüber der Verfahreinheit **5** vorgesehen, um so die gesamte Bearbeitungseinheit **6** senkrecht zum Werkstück **2** also in der vertikalen Z-Achse, zu bewegen und dadurch den Abstand zwischen Bearbeitungseinheit **6** und Werkstück **2** sowie ggf. die Fokusslage auf dem Werkstück **2** einstellen zu können.

[0023] Die gesamte Bearbeitungseinheit **6** mit Lichtleiterkabel **10** und Abbildungsoptik **11** ist an der Verfahreinheit **5** hängend befestigt und um die beiden Zusatzachsen A, B drehbar gelagert. Die beiden hochdynamischen Linearantriebe **7** dienen dazu, die

gesamte Bearbeitungseinheit **6** um einen variablen, definierten Winkel in X- oder Y-Richtung auszulenken. Wenn die maximale Auslenkung in X oder Y-Richtung klein ist gegenüber dem Abstand des Werkstückes **2** von den Zusatzachsen A, B, sind die daraus resultierenden Einflüsse auf den Schneidprozess klein. So beträgt z. B. für eine max. Auslenkung von ± 20 mm in X- oder Y-Richtung und einer Gesamtlänge des Systems von 600 mm der max. Auslenkwinkel der Bearbeitungseinheit **6** nur $1,9^\circ$, was einer Änderung des Abstandes der Bearbeitungseinheit **6** zum Werkstück **3** von nur 0,3 mm nach sich zieht. Da die gesamte optische Bearbeitungseinheit **6** verschwenkt wird, wird eine Änderung der optischen Wegverhältnisse innerhalb der Bearbeitungseinheit **6** vermieden. Durch das Verschwenken ändert sich die Abbildung auf der Werkstückoberfläche durch die Verlagerung des Fokus. Je nach Akzeptanzbereich kann hier eine Nachregelung über die Hauptachsen oder aber durch eine Fokusslagenverstellung über die Abbildungsoptik **11** erfolgen.

[0024] Soll eine gewünschte Bahn des Laserstrahls **4** auf dem Werkstück **2** gefahren werden, so teilt die Steuerung **9** diese Bahnkurve in eine Bewegung der Verfahreinheit **5** entlang der Hauptachsen X, Y mit möglichst wenig Richtungsänderungen und in eine Auslenkung der Bearbeitungseinheit **6** um die Zusatzachsen A, B auf und steuert die Antriebe **7**, **8** der Verfahreinheit **5** und der Antriebe **7** entsprechend an.

[0025] Anstatt wie gezeigt in zwei Hauptachsen kann die Verfahreinheit **5** auch nur in eine einzige Hauptachse verfahrbar sein. Anstatt wie gezeigt um zwei Zusatzachsen kann die Bearbeitungseinheit **6** auch nur um eine einzige Zusatzachse verschwenkbar gelagert sein.

[0026] Von der Laserbearbeitungsmaschine **1** unterscheidet sich die in [Fig. 2](#) gezeigte Laserbearbeitungsmaschine **1'** dadurch, dass hier die Werkstückauflage **4** entlang der beiden Hauptachsen X, Y mittels eines Antriebs **8'** relativ zur optischen Bearbeitungseinheit **6** verfahrbar ist, dass die Bearbeitungseinheit **6** an ihrem oberen Ende **6a** schwenkbar an einer Halteeinheit **5'** um die beiden Zusatzachsen A, B gelagert ist und dass die Antriebe **7'** zum Auslenken des unteren Endes **6b** der Bearbeitungseinheit **6** um die jeweilige Zusatzachse A, B an der Halteeinheit **5'** oder an der Bearbeitungseinheit **6** vorgesehen sind. Die Steuerung **9** teilt eine gewünschte Bahn des Laserstrahls **4** auf dem Werkstück **2** in eine Bewegung der Werkstückauflage **4** entlang der zwei Hauptachsen X, Y und in eine Auslenkung der Bearbeitungseinheit **6** um die zwei Zusatzachsen A, B auf und steuert die Antriebe **7'**, **8'** entsprechend an.

Patentansprüche

1. Laserbearbeitungsmaschine (1) zur Bearbeitung von Werkstücken (2) mittels eines Laserstrahls (3), umfassend:

eine Werkstückauflage (4) für zu bearbeitende Werkstücke (2),

eine entlang einer oder mindestens zweier Hauptachsen (X, Y) relativ zur Werkstückauflage (4) mittels eines Antriebs (8) verfahrbare Verfahreinheit (5), und eine an der Verfahreinheit (5) vorgesehene optische Bearbeitungseinheit (6), die den Laserstrahl (3) auf das zu bearbeitende Werkstück (2) fokussiert,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Bearbeitungseinheit (6) an ihrem bezüglich der Werkstückauflage (4) einen Ende (6a) schwenkbar an der Verfahreinheit (5) um eine oder mindestens zwei Zusatzachsen (A, B) gelagert ist,

dass für jede Zusatzachse (A, B) an der Verfahreinheit (5) oder an der Bearbeitungseinheit (6) jeweils ein Antrieb (7) zum Auslenken des bezüglich der Werkstückauflage (4) anderen Endes (6b) der Bearbeitungseinheit (6) um die jeweilige Zusatzachse (A, B) vorgesehen ist, und

dass eine Steuerung (9) vorgesehen ist, die eine gewünschte Bahn des Laserstrahls (4) auf dem Werkstück (2) in eine Bewegung der Verfahreinheit (5) entlang der einen bzw. mindestens zwei Hauptachsen (X, Y) und in eine Auslenkung der Bearbeitungseinheit (6) um die eine bzw. mindestens zwei Zusatzachsen (A, B) aufteilt und die Antriebe (7, 8) entsprechend ansteuert.

2. Laserbearbeitungsmaschine (1') zur Bearbeitung von Werkstücken (2) mittels eines Laserstrahls (3), umfassend:

eine optische Bearbeitungseinheit (6), die den Laserstrahl (3) auf das zu bearbeitende Werkstück (2) fokussiert,

eine entlang einer oder mindestens zweier Hauptachsen (X, Y) relativ zur optischen Bearbeitungseinheit (6) mittels eines Antriebs (8') verfahrbare Werkstückauflage (4) für zu bearbeitende Werkstücke (2),

dadurch gekennzeichnet,

dass die Bearbeitungseinheit (6) an ihrem bezüglich der Werkstückauflage (4) einen Ende (6a) schwenkbar an einer Halteeinheit (5') um eine oder mindestens zwei Zusatzachsen (A, B) gelagert ist,

dass für jede Zusatzachse (A, B) an der Halteeinheit (5') oder an der Bearbeitungseinheit (6) jeweils ein Antrieb (7') zum Auslenken des bezüglich der Werkstückauflage (4) anderen Endes (6b) der Bearbeitungseinheit (6) um die jeweilige Zusatzachse (A, B) vorgesehen ist, und

dass eine Steuerung (9) vorgesehen ist, die eine gewünschte Bahn des Laserstrahls (4) auf dem Werkstück (2) in eine Bewegung der Werkstückauflage (4) entlang der einen bzw. mindestens zwei Hauptachsen (X, Y) und in eine Auslenkung der Bearbeitungseinheit (6) um die eine bzw. mindestens zwei

Zusatzachsen (A, B) aufteilt und die Antriebe (7', 8') entsprechend ansteuert.

3. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die eine Zusatzachse (A, B) parallel zu einer Hauptachse (X, Y) verläuft.

4. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Zusatzachsen (A, B) parallel zur Ebene der zwei Hauptachsen (X, Y) und insbesondere jeweils parallel zu den Hauptachsen (X, Y) verlaufen.

5. Laserbearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Antriebe (7, 7') der Bearbeitungseinheit (6) als Linearantriebe zum Auslenken in kartesische Koordinaten oder als ein Linearantrieb und ein Drehantrieb zum Auslenken in Polarkoordinaten ausgebildet sind.

6. Laserbearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl (3) als divergenter Strahl in die Bearbeitungseinheit (6) eingekoppelt ist und die Bearbeitungseinheit (6) eine Abbildungsoptik (10), insbesondere eine Teleskopanordnung, aufweist, die den eingekoppelten Laserstrahl (3) auf das zu bearbeitende Werkstück (2) abbildet und insbesondere auch fokussiert.

7. Laserbearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl (3) über ein einseitig an der Bearbeitungseinheit (6) befestigtes Lichtleiterkabel (10) in die Bearbeitungseinheit (6) eingekoppelt ist.

8. Laserbearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an der Verfahreinheit (5) oder an der Halteeinheit (5') ein Antrieb (11) zum Verschieben der gesamten Bearbeitungseinheit (6) gegenüber der Verfahreinheit (5) bzw. der Halteeinheit (5') in Richtung des aus der Bearbeitungseinheit (6) austretenden Laserstrahls (3) vorgesehen ist.

9. Verfahren zur Laserbearbeitung von Werkstücken (2) mittels der Laserbearbeitungsmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine gewünschte Bahn des Laserstrahls (4) auf dem Werkstück (2) in eine Bewegung entlang der einen bzw. mindestens zwei Hauptachsen (X, Y) und in eine Auslenkung der Bearbeitungseinheit (6) um die eine bzw. mindestens zwei Zusatzachsen (A, B) aufgeteilt wird und die Antriebe (7, 8; 7', 8') entsprechend angesteuert werden.

10. Computerprodukt, welches Codemittel aufweist, die zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 9 angepasst sind, wenn das Programm auf einer Datenverarbeitungsanlage abläuft.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

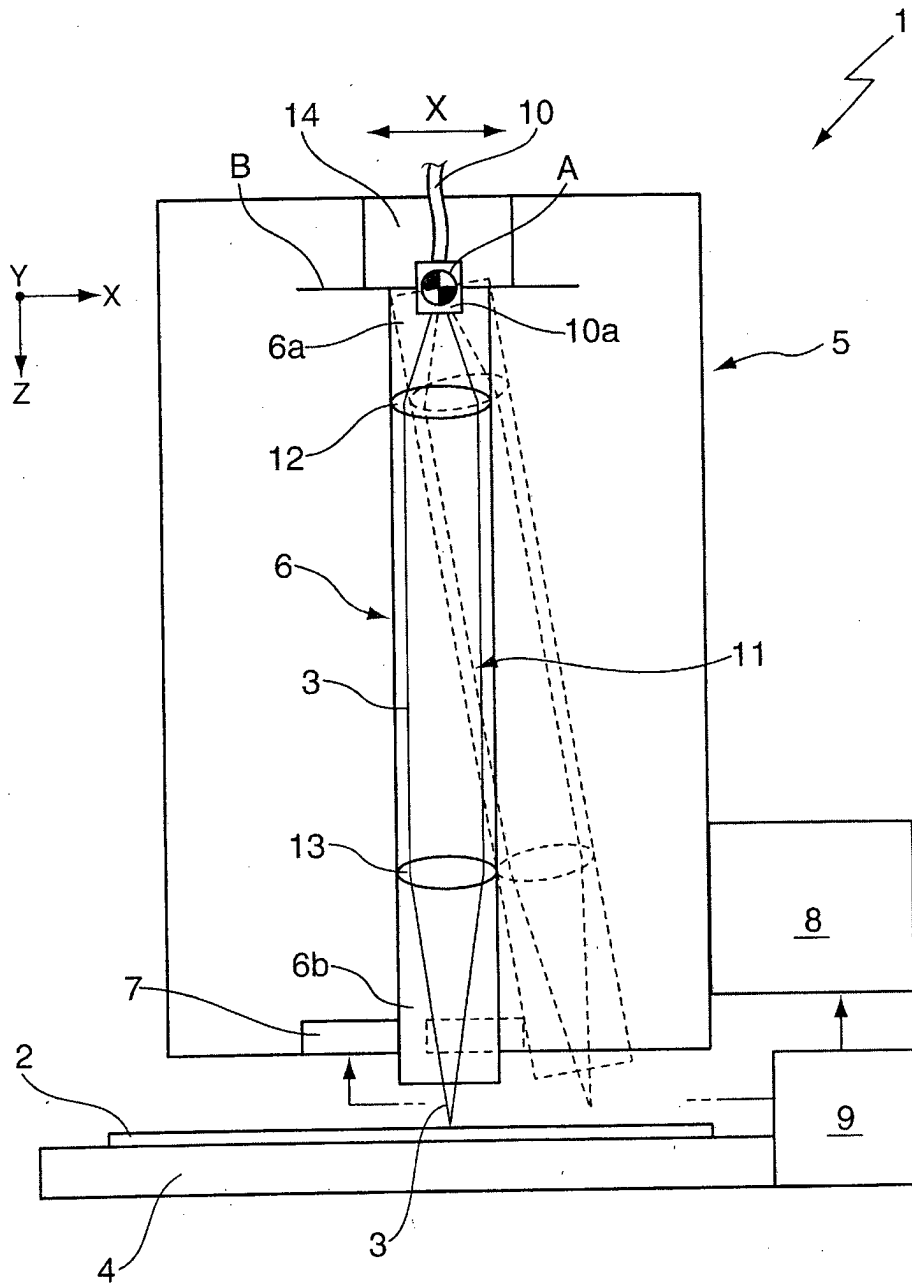


Fig. 1

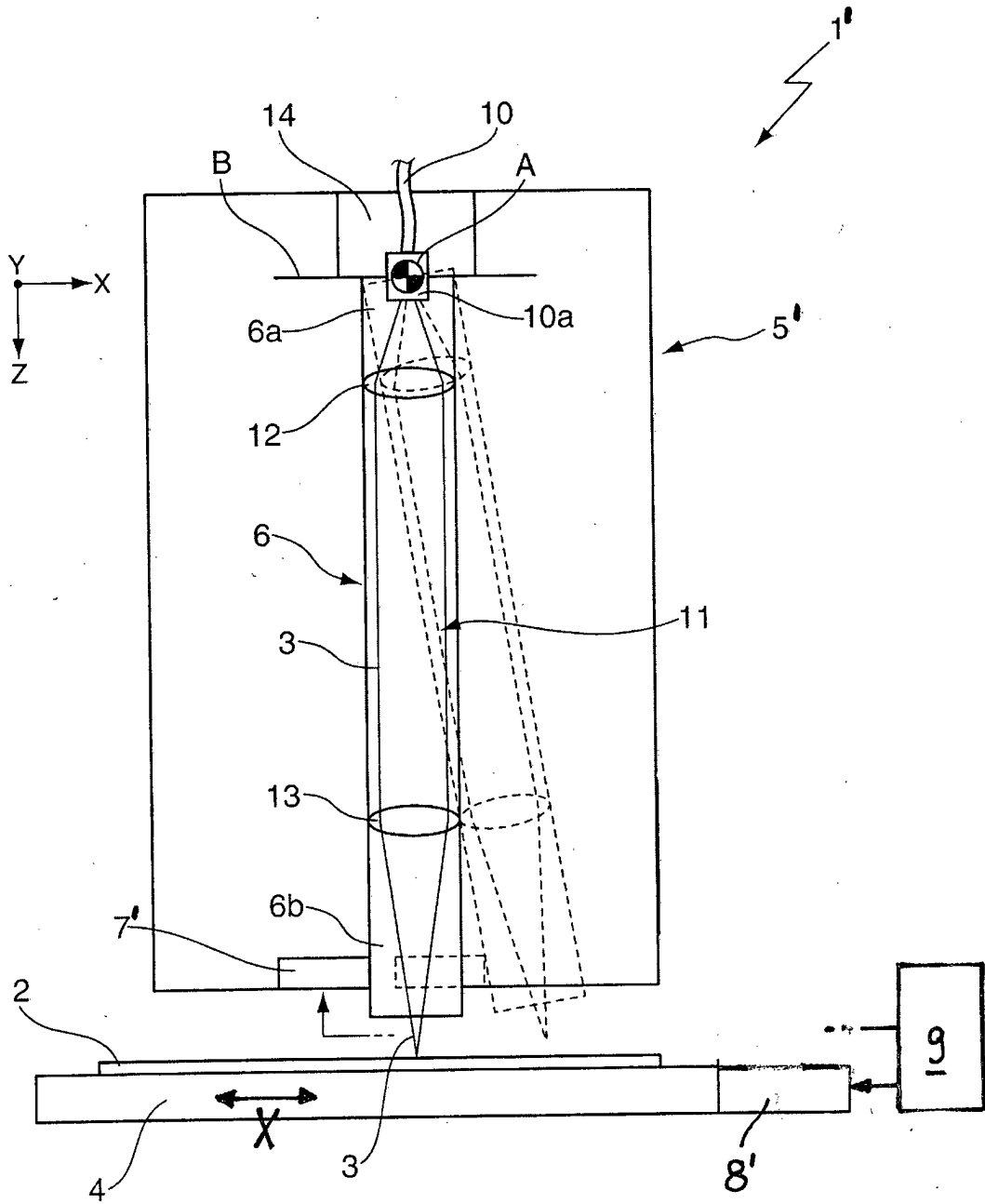


Fig. 2