



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.12.2006 Patentblatt 2006/49

(51) Int Cl.:
B23K 26/04 (2006.01) B23K 26/38 (2006.01)
B23K 26/10 (2006.01) B23K 26/14 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 05011709.2

(22) Anmeldetag: 31.05.2005

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

(72) Erfinder:
• Weick, Jürgen-Michael
71679 Asperg (DE)
• Häcker, Michael
71299 Wimsberg (DE)

(71) Anmelder: TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH
+ Co. KG
71254 Ditzingen (DE)

(74) Vertreter: Kohler Schmid Möbus
Patentanwälte
Ruppmannstrasse 27
70565 Stuttgart (DE)

(54) **Laserbearbeitungsmaschine mit Laserbearbeitungsdüsenjustierung zum Ausrichten des Laserstrahles mit der Laserbearbeitungsdüsenbohrung**

(57) Eine Laserbearbeitungsmaschine umfasst eine Optik (13,17,16) zur Strahlführung und Fokussierung eines Laserstrahls (5), eine Einrichtung (11) zur Ausleuchtung der Düsenbohrung (10) einer Laserbearbeitungs-

düse (10') des Laserbearbeitungskopfs, eine Einrichtung zur Bestimmung der Mitte der Düsenbohrung (10) mit Hilfe der Ausleuchtung und eine Einrichtung zur Bestimmung des Abstandes des Laserstrahlfokus zur Düsenmitte.

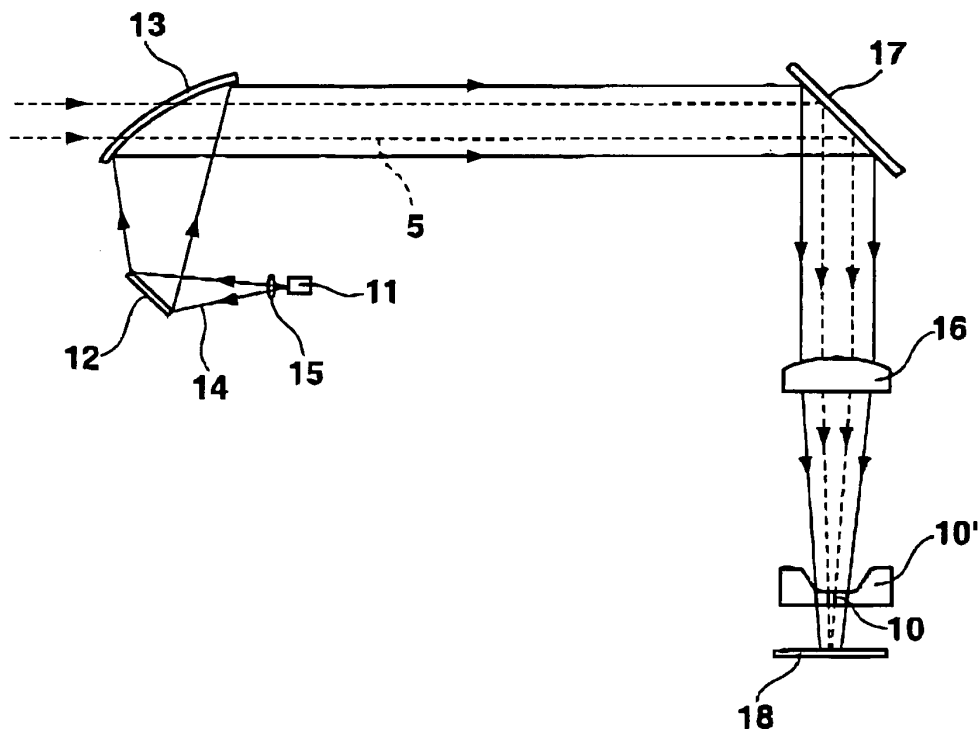


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Laserbearbeitungsmaschine mit einer Optik zur Strahlführung und Fokussierung eines Laserbearbeitungsstrahls.

[0002] Derartige Laserbearbeitungsmaschinen sind allgemein bekannt.

[0003] Für eine optimale Materialbearbeitung ist es erforderlich, den Laserstrahl innerhalb der Laserbearbeitungsdüse möglichst zentrisch anzuordnen. Diese Laserbearbeitungsdüsenjustierung wird bisher manuell durchgeführt.

[0004] Der Anmelder hat sich die Aufgabe gestellt, die möglichst zentrische Anordnung des Laserbearbeitungsstrahls innerhalb der Düsenbohrung einer Laserbearbeitungsdüse des Laserschneidkopfs automatisieren zu können.

[0005] Diese Aufgabe wird gemäß Patentanspruch 1 durch eine Laserbearbeitungsmaschine mit einer Optik zur Strahlführung und Fokussierung eines Laserstrahls gelöst, welche eine Einrichtung zur Ausleuchtung der Düsenbohrung einer Laserbearbeitungsdüse des Laserbearbeitungskopfs, eine Einrichtung zur Bestimmung der Mitte der Düsenbohrung mithilfe der Ausleuchtung und eine Einrichtung zur Bestimmung des Abstandes des Laserstrahlfokus zur Düsenmitte umfasst.

[0006] Durch die Erfindung kann die Düsenmitte durch eine Referenzmessung bestimmt werden, wobei je ein Bild der ausgeleuchteten Düse und eines fokussierten Strahles aufgenommen und ausgewertet wird. Die Messsignale können über die Maschinensteuerung für die automatische Laserdüsenzentrierung verwendet werden.

[0007] Der zur Laserbearbeitung ausgebildete Laserstrahl kann zur Ausleuchtung der Düsenbohrung vorgesehen sein. Der vorhandene Laserstrahl wird defokussiert und zur Ausleuchtung herangezogen.

[0008] Dies hat den Vorteil, dass keine zusätzliche Lichtquelle verwendet werden muss.

[0009] Es kann aber auch eine separate Lichtquelle zur Ausleuchtung der Düsenbohrung vorgesehen sein. Dies hat den Vorteil, dass der zur Laserbearbeitung ausgebildete Laserstrahl nicht verstellt werden muss. Ein weiterer wesentlicher Vorteil bei der Verwendung einer separaten Lichtquelle liegt darin, dass man sichtbares Licht verwendet kann. Daher können Detektoren für sichtbares Licht eingesetzt werden, welche standardmäßig und kostengünstig hergestellt werden können.

[0010] In technischer Umsetzung der Arbeitsweise mit einer separaten Lichtquelle kommen eine Laserdiode zur Strahlerzeugung, eine Optik zur Strahlaufweitung, ein Umlenkspiegel und ein Spiegel zur Einspiegelung des Lichtstrahls kollinear zum Laserbearbeitungsstrahl in Betracht.

[0011] Wenn der Umlenkspiegel und der Spiegel Teil einer Prozesslichtmesseinrichtung sind, kann die Erfindung mit einer an sich bekannten Prozesslichtmesseinrichtung kombiniert und vorteilhaft in eine Laserbearbei-

tungsmaschine integriert werden.

[0012] Zur Auswertung ist eine Bilderfassungs- und Bildauswerteeinrichtung vorteilhaft.

[0013] Die Optik zur Strahlführung und Fokussierung eines Laserstrahls kann einen adaptiven Spiegel umfassen, der zur Einstellung der Ausleuchtung eingesetzt werden kann.

[0014] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der schematischen Zeichnung erläutert. Es zeigt:

Figur 1 eine Laserschneidmaschine;

Figur 2 einen Teil der Laserstrahlführung und eine Einspiegelung eines weiteren Laserstrahls zur Ausleuchtung der Schneiddüsenbohrung;

Figur 3 eine Variante der Einspiegelung in Verbindung mit einer Prozesslichtmessung;

Figur 4 den fokussierten Laserschneidstrahl innerhalb der Schneiddüse;

Figur 5 die Ausleuchtung der Schneiddüsenbohrung mithilfe des weiteren Laserstrahls;

Figur 6 eine Draufsicht eines Quadrantensektors.

[0015] Aus der **Figur 1** ist der Aufbau einer Laserbearbeitungsmaschine **1** zum Laserschneiden mit einem CO₂-Laser **2**, einem Laserbearbeitungskopf **3** und einer Werkstückauflage **4** ersichtlich. Ein erzeugter Laserstrahl **5** wird mithilfe von Umlenkspiegeln zum Laserbearbeitungskopf **3** geführt und mithilfe von Spiegeln auf ein Werkstück **6** gerichtet. In die Strahlführung des Laserstrahls **5** kann die erfindungsgemäße Vorrichtung an beliebiger Stelle eingebaut werden.

[0016] Bevor eine durchgängige Schnittfuge entsteht, muss der Laserstrahl **5** das Werkstück **6** durchdringen. Das Blech **6** muss an einer Stelle punktförmig geschmolzen oder oxidiert werden, und die Schmelze muss ausgeblasen werden.

[0017] Beim langsamen Einstechen mit einer Rampe kann die Laserleistung allmählich erhöht, reduziert und über einen bestimmten Zeitraum konstant gehalten werden, bis das Einstechloch erzeugt ist. Sowohl das Einstechen als auch das Laserschneiden werden durch Hinzufügen eines Gases unterstützt. Als Schneidgase **7** können Sauerstoff, Stickstoff, Druckluft und/oder anwendungsspezifische Gase eingesetzt werden. Welches Gas letztendlich verwendet wird, ist davon abhängig, welche Materialien geschnitten und welche Qualitätsansprüche an das Werkstück gestellt werden.

[0018] Dort, wo der Laserstrahl **5** auf das Blech **6** trifft, wird das Material geschmolzen und zum größten Teil oxidiert. Die entstandene Schmelze wird zusammen mit den Eisenoxiden ausgeblasen. Entstehende Partikel und Gase können mithilfe einer Absaugeinrichtung **8** aus

einer Absaugkammer 9 abgesaugt werden.

[0019] Gemäß **Figur 2** umfasst die Einrichtung zur Ausleuchtung einer Schneiddüsenbohrung 10 einer Schneiddüse 10' des Schneidkopfs 3 im Wesentlichen eine Laserdiode 11, einen unter einem Winkel von 45° angeordneten Umlenkspiegel 12 und einen Spiegel 13, der es erlaubt, einen sichtbaren Laserstrahl 14 kollinear zum Laserschneidstrahl 5 des CO₂-Lasers einzuspiegeln. Dazu wird der Laserstrahl 14 der Laserdiode 11 so aufgeweitet, dass er auf den Rand des Spiegels 13 trifft. Die Brennweite einer Aufweitlinse 15 und ihr Abstand zu dem Spiegel 13 sind so gewählt, dass eine Fokussieroptik 16 (Linse oder Spiegel) mithilfe des Laserstrahls 14 der Laserdiode 11 voll ausgeleuchtet wird.

[0020] Mittels eines adaptiven Spiegels 17 wird die Fokusslage von Linse oder Fokussierspiegel 16 nun so weit verstellt, dass die Düsenbohrung 10 voll ausgeleuchtet wird. Der Laserstrahl 14 streift dabei den Rand der Düsenbohrung 10. Eine direkt unter der Laserschneiddüse 10' angeordnete Mattscheibe 18 zeigt einen roten Fleck mit einem Durchmesser D, dessen Berandung exakt der Düsenbohrung 10 entspricht. Mittels Kamera und Bildauswertung kann nun in einem ersten Verfahrensschritt genau die Düsenmitte der Düsenbohrung 10 bestimmt und ausgewertet werden (siehe **Figur 4**). Die Fokusslage wird in einem zweiten Verfahrensschritt genau in die Ebene der Düsenunterkante gelegt. Der dem Fokus entsprechende Fleck besitzt einen Durchmesser D' von ca. 0,1 mm. Dessen Mitte wird wieder bestimmt (siehe **Figur 5**). Die Abweichung von Strahlmitte zu Düsenmitte kann bestimmt und zur automatischen Justierung verwendet werden.

[0021] **Figur 3** zeigt die Kombination der Erfindung mit einer Prozesslichtmesseinrichtung. Der wichtigste Punkt ist, dass der Spiegel 13' ein Loch aufweist, durch das der Bearbeitungslaserstrahl 5 durchtritt. Die zusätzliche Strahlquelle wird über einen teildurchlässigen Spiegel 12' und den sog. Scraper-Spiegel 13' in die Strahlführung eingekoppelt. Als Spiegel 13' ist mit dem PCS Scraper ein geeigneter Spiegel in der Laserschneidmaschine bereits vorhanden, der zu diesem Zweck zusätzlich verwendet werden kann. Die Laserschneidmaschine kann mit der optischen Prozesslichtmesseinrichtung versehen sein, wobei der Spiegel 13' Teil der Prozesslichtmesseinrichtung ist. Die Prozesslichtmesseinrichtung kann herkömmlicher Bauart sein. Derartige Messeinrichtungen werden beispielsweise von der Firma TRUMPF, Ditzingen, Deutschland unter der Bezeichnung "PCS" vertrieben. PCS ist ein optisches System, welches das Prozesslicht während des Einstichs misst. Entsprechend der angewählten Funktion im DIAS-PCS-PC kann mit Hilfe dieser Messwerte der Einstechvorgang gesteuert (sanftes Einstechen) und / oder das Einstech-Ende erkannt werden (sanftes und volles Einstechen). Rückreflektiertes Prozesslicht 5', das aufgrund des Laser-Leistungsstrahls an der Einstechposition entsteht, wird mithilfe des Scraperspiegels 13' auf eine Photodiode 19 gelenkt, die dessen Intensität in einen entsprechenden Strom um-

wandelt. Die Elektronik 20 im Messkopf misst diesen Strom und überträgt diese Messwerte digital an die Auswertelektronik, die diese Daten entsprechend weiter verarbeitet.

5 [0022] In ähnlicher Weise kann an Stelle des Laserstrahls 14 auch mit einem abgeschwächten Laserbearbeitungsstrahl 5 zur Ausleuchtung der Düsenbohrung 10 gearbeitet werden. Als Sensor ist dann eine CO₂-Laserlicht empfindliche Kamera oder zumindest ein CO₂-Laserlicht empfindlicher Quadrantendetektor notwendig.

10 [0023] Der Quadrantendetektor könnte folgendermaßen verwendet werden:

1. Variante

15 Der Laserstrahl 5 wird soweit defokussiert, dass er die Düsenbohrung 10 des ortsfest angeordneten Schneidkopfs 3 ausfüllt. Der Laserstrahl wird mit Hilfe der optischen Elemente der Strahlführung soweit verschoben, dass das Signal z.B. im -X-Quadranten verschwindet. Dieser Wert wird gespeichert. Dann wird der Wert in +X-Richtung durch Verfahren mit der X-Achse ermittelt. Die Düsenmitte ist der Mittelwert der beiden gewonnenen Werte. Analog wird in der Y-Richtung verfahren. Nun wird der Fokuspunkt mithilfe des Spiegels 17 auf den Quadrantendetektor 18 abgebildet. Die Verstelleinrichtung im Schneidkopf wird jetzt so verstellt, bis alle 4 Quadranten denselben Messwert anzeigen (siehe **Figur 6**). Der Laserstrahl 5 ist zentriert.

2. Variante

20 Bei ortsfest angeordnetem Fokussierspiegel wird die Düse bewegt. Mit den Maschinenachsen wird der klein abgebildete Strahl so auf dem Detektor verfahren, dass alle 4 Quadranten des Quadrantendetektors 18 denselben Messwert anzeigen. Nun wird der Laserstrahl mittels Defokussierung durch den Spiegel 17 so vergrößert, dass er die Düsenbohrung 10 ausfüllt. Jetzt wird die Düse 10' so in den beiden Achsen verstellt, bis alle 4 Quadranten denselben Messwert zeigen.

Patentansprüche

- 45 1. Laserbearbeitungsmaschine (1) mit einer Optik zur Strahlführung und Fokussierung eines Laserstrahls (5), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laserbearbeitungsmaschine (1) eine Einrichtung zur Ausleuchtung der Düsenbohrung (10) einer Laserbearbeitungsdüse (10') des Laserbearbeitungskopfs (3), eine Einrichtung zur Bestimmung der Mitte der Düsenbohrung (10) mithilfe der Ausleuchtung und eine Einrichtung zur Bestimmung des Abstandes des Laserstrahlfokus zur Düsenmitte umfasst.
- 50 2. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zur Laserbearbeitung ausgebildete Laserstrahl (5) zur Ausleuch-

tung der Düsenbohrung (10) vorgesehen ist.

3. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine separate Lichtquelle (11) zur Ausleuchtung der Düsenbohrung (10) vorgesehen ist. 5
4. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Laserdiode (11) zur Strahlerzeugung, eine Optik (15) zur Strahlaufweitung, ein Umlenkspiegel (12, 12') und ein Spiegel (13, 13') zur Einspiegelung des Lichtstrahls (14) kollinear zum Laserbearbeitungsstrahl (5) vorgesehen sind. 10
15
5. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umlenkspiegel (12') und der Spiegel (13') Teil einer Prozesslichtmesseinrichtung sind. 20
6. Laserbearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Bilderfassungs- und Bildauswerteeinrichtung vorgesehen ist. 25
7. Laserbearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Optik zur Strahlführung und Fokussierung eines Laserstrahls einen adaptiven Spiegel (17) umfasst. 30

35

40

45

50

55

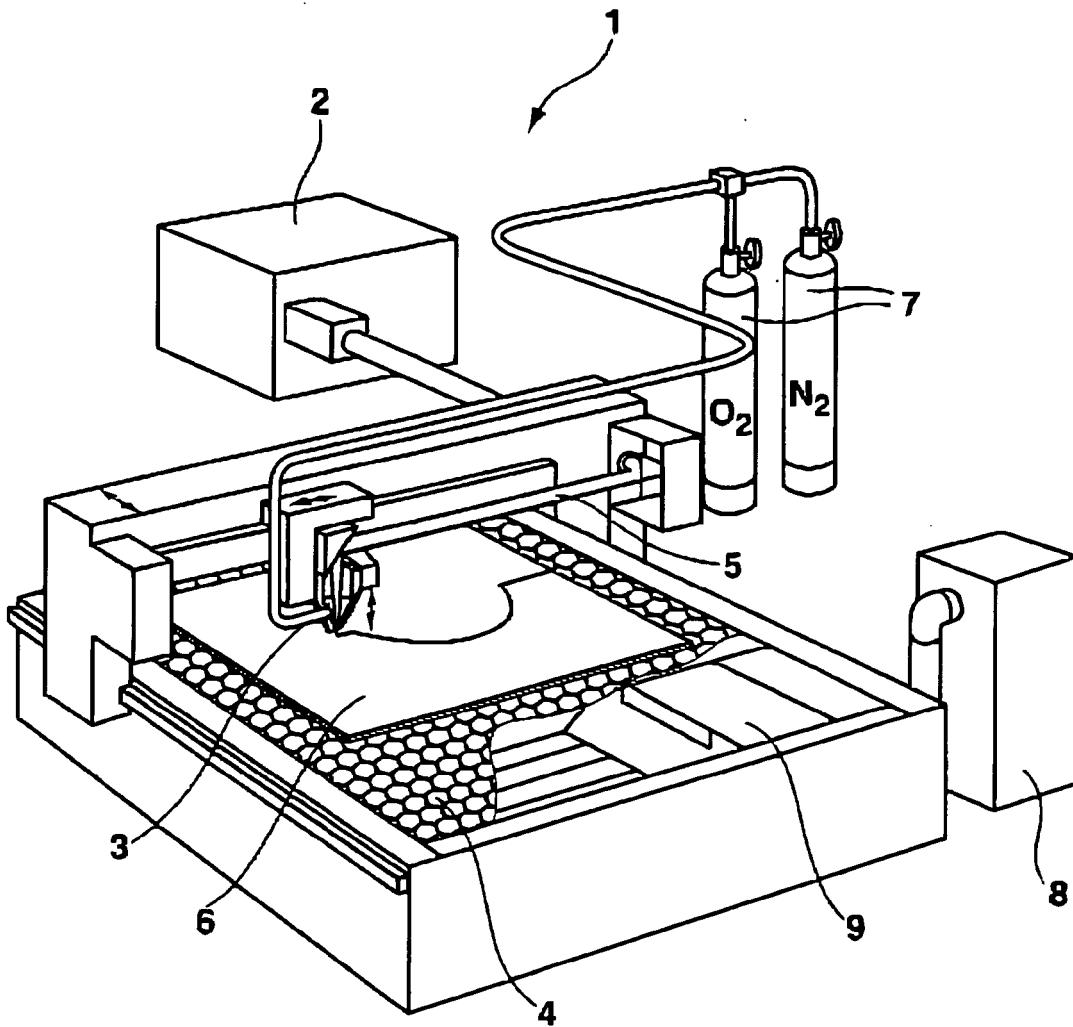


Fig. 1

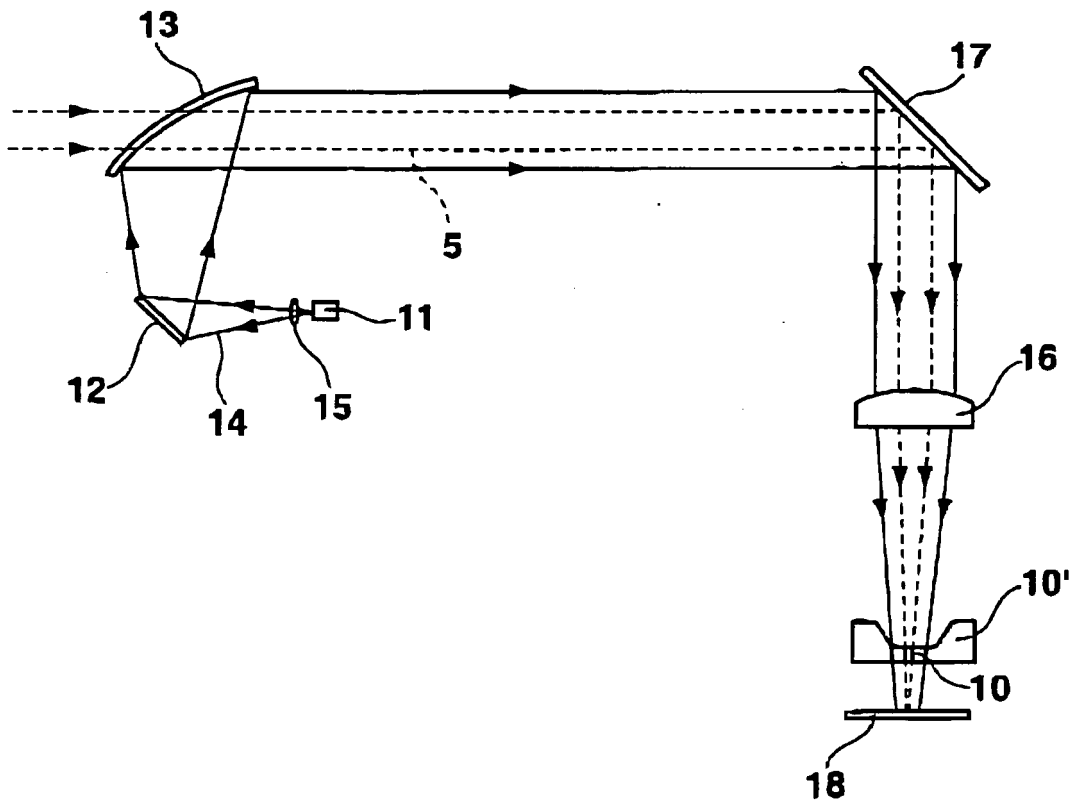


Fig. 2

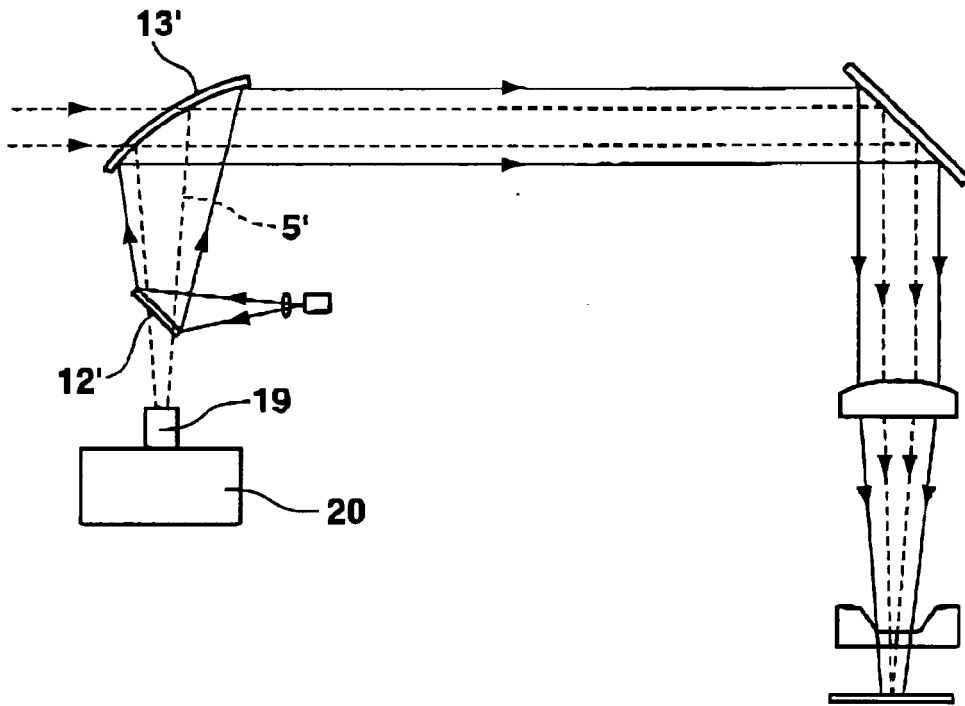


Fig. 3

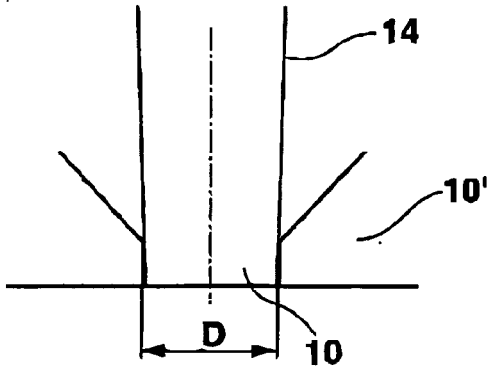


Fig. 4

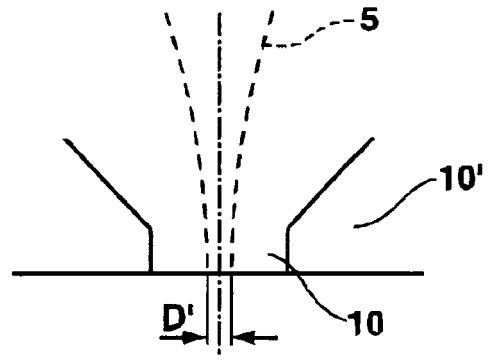


Fig. 5

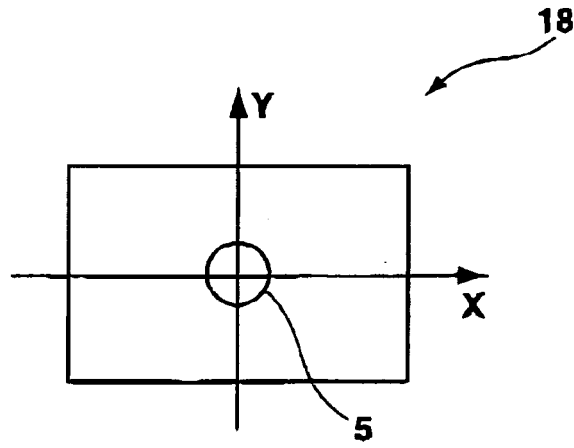


Fig. 6



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 01 1709

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 03/061895 A (PERMANOVA LASERSYSTEM AB ; A. LINDSKOG) 31. Juli 2003 (2003-07-31) * Seite 1, Zeilen 4-7 *	1,2,6	B23K26/04 B23K26/38 B23K26/10 B23K26/14
Y	* Seite 4, Zeile 3 - Seite 5, Zeile 6; Abbildung 2 *	7	
Y	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 14, 31. Dezember 1998 (1998-12-31) -& JP 10 249566 A (AMADA CO LTD), 22. September 1998 (1998-09-22) * Zusammenfassung *	7	
X	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 008, Nr. 132 (M-303), 20. Juni 1984 (1984-06-20) -& JP 59 033092 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 22. Februar 1984 (1984-02-22) * Zusammenfassung *	1,3	
A	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2003, Nr. 12, 5. Dezember 2003 (2003-12-05) -& JP 2003 225787 A (AMADA CO LTD), 12. August 2003 (2003-08-12) * Zusammenfassung *	4,5	
A	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2003, Nr. 12, 5. Dezember 2003 (2003-12-05) -& JP 2003 225787 A (AMADA CO LTD), 12. August 2003 (2003-08-12) * Zusammenfassung *	1,2,6,7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B23K
A	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1995, Nr. 09, 31. Oktober 1995 (1995-10-31) -& JP 07 144289 A (FUKUI NIIGATA KIKAI KK), 6. Juni 1995 (1995-06-06) * Zusammenfassung *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
1	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 15. November 2005	Prüfer Jeggy, T
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 05 01 1709

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-11-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 03061895 A	31-07-2003	EP 1467832 A1 SE 524066 C2 SE 0200146 A	20-10-2004 22-06-2004 22-07-2003
JP 10249566 A	22-09-1998	KEINE	
JP 59033092 A	22-02-1984	KEINE	
JP 2003225787 A	12-08-2003	KEINE	
JP 07144289 A	06-06-1995	JP 2728358 B2	18-03-1998

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82