



PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

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

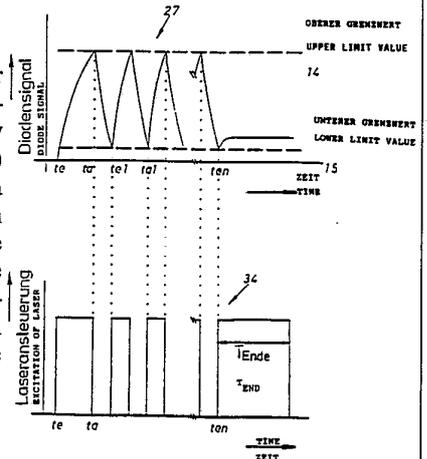
<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁵ : B23K 26/04</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 90/07398 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 12. Juli 1990 (12.07.90)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE89/00781 (22) Internationales Anmeldedatum: 21. Dezember 1989 (21.12.89) (30) Prioritätsdaten: P 38 44 296.5 30. Dezember 1988 (30.12.88) DE P 39 26 859.4 15. August 1989 (15.08.89) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstraße 54, D-8000 München 19 (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : BEYER, Eckhard [DE/DE]; Maarweg 17, D-5100 Aachen (DE). PETRING, Dierk [DE/DE]; Neuenhofer Weg 23, D-5100 Aachen (DE). ABELS, Peter [DE/DE]; Geilenkirchener Str. 50, D-5119 Alsdorf (DE). HERZIGER, Gerd [DE/DE]; Lensbachstraße 40 a, D-5106 Roetgen-Rott (DE).</p>		<p>(74) Anwalt: PATENTSTELLE FÜR DIE DEUTSCHE FORSCHUNG DER FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT E.V.; Leonrodstraße 68, D-8000 München 19 (DE). (81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US. Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>

(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR MACHINING WORKPIECES USING A LASER BEAM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BEARBEITEN VON WERKSTÜCKEN MIT LASERSTRAHLUNG

(57) Abstract

In a process for machining workpieces (10) using a laser beam (11), in particular for cutting, perforating and removing material from metallic workpieces (10), the machining site (12) of the workpiece (10) is monitored by means of a beam detector (13) by means of which the intensity of the laser beam is reduced when an upper limit value (14) is reached and increased when a lower limit value (15) is reached. In order to obtain a simply controlled process without exceeding a critical temperature, e.g. the evaporation temperature, the beam detector (13) measures the radiant heat (16) emanating from the machining site (12). This radiant heat is controlled in function of a predetermined range of temperature, the upper temperature of which is the upper limit value (14) and the lower temperature of which is the lower limit value (15). The laser beam is switched off when the upper limit value (14) is reached and switched on again when the lower limit value (15) is reached.



(57) Zusammenfassung

Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken (10) mit Laserstrahlung (11), insbesondere zum Schneiden, Einlochen und Abtragen metallischer Werkstücke (10), bei dem die Bearbeitungsstelle (12) des Werkstücks (10) mit einem Strahlungsdetektor (13) überwacht wird, unter dessen Mitwirkung die Intensität der Laserstrahlung bei Erreichen eines oberen Grenzwertes (14) reduziert und bei Erreichen eines unteren Grenzwertes (15) gesteigert wird. Um ein gesteuertes Verfahren ohne Überschreitung einer kritischen Temperatur, z.B. der Verdampfungstemperatur, auf einfache Weise zu erreichen, wird das Verfahren so durchgeführt, daß mit dem Strahlungsdetektor (13) die von dessen Bearbeitungsstelle (12) ausgehende Wärmestrahlung (16) gemessen wird, mit der eine obere Temperatur als der obere Grenzwert (14) eines vorbestimmten Temperaturbereichs und eine untere Temperatur als der untere Grenzwert (15) dieses Temperaturbereichs überwacht werden, und daß die Laserstrahlung bei Erreichen des oberen Grenzwerts (14) abgeschaltet und bei Erreichen des unteren Grenzwerts (15) wieder eingeschaltet wird.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MR	Mauritanien
BB	Barbados	FR	Frankreich	MW	Malawi
BE	Belgien	GA	Gabon	NL	Niederlande
BF	Burkina Fasso	GB	Vereinigtes Königreich	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
BJ	Benin	IT	Italien	SD	Sudan
BR	Brasilien	JP	Japan	SE	Schweden
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SU	Soviet Union
CG	Kongo	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CH	Schweiz	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CM	Kamerun	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE	Deutschland, Bundesrepublik	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

- 1 -

Verfahren und Vorrichtung zum Bearbeiten von Werkstücken mit LaserstrahlungBeschreibungTechnisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mit Laserstrahlung, insbesondere zum Schneiden, Einlochen und Abtragen metallischer Werkstücke, bei dem die Bearbeitungsstelle des Werkstücks mit einem Strahlungsdetektor überwacht wird, unter dessen Mitwirkung die Intensität der Laserstrahlung bei Erreichen eines oberen Grenzwertes reduziert und bei Erreichen eines unteren Grenzwertes gesteigert wird.

Stand der Technik

Ein Verfahren der vorgenannten Art ist bei einem Bearbeitungsverfahren bekannt, bei dem mit laserinduziertem Plasma gearbeitet wird. Der diesbezügliche obere Grenzwert ist diejenige Laserintensität, bei der eine laserinduzierte Detonationswelle erzeugt wird. Der untere Grenzwert ist diejenige Laserintensi-

tät, die zur Erzeugung eines Oberflächenplasmas mindestens benötigt wird. Der bekannte Strahlungsdetektor überwacht das Plasmaleuchten bzw. andere aus dem Plasma herrührende physikalische Größen, damit unter Heranziehung des Meßergebnisses die Laserintensität durch geeignete Modulation im Sinne der Aufrechterhaltung der Plasmabildung unter Vermeidung einer unerwünschten Detonationswelle geregelt werden kann.

Darstellung der Erfindung

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so zu verbessern, daß es auch zu verwenden ist, wenn plasmafrei gearbeitet wird, insbesondere beim Einlochen, Schneiden und Abtragen.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß mit dem Strahlungsdetektor die von dessen Bearbeitungsstelle ausgehende Wärmestrahlung gemessen wird, mit der eine obere Temperatur als der obere Grenzwert eines vorbestimmten Temperaturbereichs und eine untere Temperatur als der untere Grenzwert dieses Temperaturbereichs überwacht werden, und daß die Laserstrahlung bei Erreichen des oberen Grenzwerts abgeschaltet und bei Erreichen des unteren Grenzwerts wieder eingeschaltet wird.

Für die Erfindung ist zunächst von Bedeutung, daß von der Bearbeitungsstelle ausgehende Wärmestrahlung als Meßgröße zum geregelten Verfahren benutzt wird. Die Wärmestrahlung ist temperaturabhängig, d.h. bei bestimmten Temperaturen wird Wärme bzw. Licht ganz bestimmter Wellenlänge erzeugt. Tritt Wärmestrahlung dieser Wellenlänge mit bestimmter Intensität auf, so kann davon ausgegangen werden, daß die Bearbeitungsstelle eine ganz bestimmte durch die Wellenlänge und ihre Intensität charakterisierte Temperatur hat. Bei dieser Temperatur liegt für eine bestimmte Werkstückgeometrie ein bestimmtes Bearbeitungsergebnis vor, beispielsweise eine bestimmte, noch annehmbare Schnittqualität. Diese, den oberen Grenzwert bestimmende obere Temperatur wird jeweils empirisch bestimmt, je nach Vorgaben, wie die bereits angesprochene Werkstückgeometrie, die Schnittqualität, die Schnittgeschwindigkeit, der Werkstoff od.dgl. Auch der untere Grenzwert eines vorbestimmten Temperaturbe-

reichs kann als untere Temperatur dementsprechend durch eine Wärmestrahlung ganz bestimmter Wellenlänge und Intensität definiert werden.

Des Weiteren ist für das erfindungsgemäße Verfahren von Bedeutung, insbesondere für dessen einfache Durchführung, daß die Reduzierung bzw. die Steigerung der Intensität der Laserstrahlung durch einfaches Ein- und Abschalten erreicht werden kann, also mit Maßnahmen, die praktisch keinen schaltungsmäßigen Aufwand erfordern. Vorteilhafterweise wird das Werkstück mit kontinuierlicher Laserstrahlung bearbeitet. Ein derartiger Laserbetrieb ist für das einfache Ab- und Einschalten der Laserstrahlung bei Erreichung der Grenzwerte besonders vorteilhaft.

Der vorangesprochene Temperaturbereich wird derart vorbestimmt, daß der obere Grenzwert bei metallischen Werkstücken zwischen der Verdampfungstemperatur und der Schmelztemperatur liegt, und daß der untere Grenzwert beim Schmelzbearbeiten etwa gleich der Schmelztemperatur und beim Bearbeiten mit reaktivem Schneidgas im Bereich der Zündtemperatur liegt.

In Ausgestaltung der Erfindung wird das Verfahren so durchgeführt, daß der Vorschub des Laserstrahls beim Schneiden mit einer vorbestimmten Rauhtiefe der Schnittflanken des Werkstücks gewährleistenden Überlappungsgrad seiner beim Ab- und Einschalten aufeinanderfolgenden Schneidflecken erfolgt. Der Vorschub wird dazu über die sich einstellende Pulsfrequenz bzw. das Tastverhältnis gesteuert.

Damit ein Einlochvorgang möglichst bald abgebrochen werden kann, wird das Verfahren so durchgeführt, daß die Bearbeitung beim Einlochen beendet wird, wenn der obere Grenzwert nach einer vorbestimmten Zeit nicht erreicht ist. Grundlage hierfür ist die Erkenntnis, daß das Erreichen einer bestimmten, das Einlochen bewirkenden Temperatur bei einer bestimmten Werkstückgeometrie innerhalb einer vorgegebenen Zeit zu erwarten ist, deren Überschreitung anzeigt, daß der Laserstrahl das

Werkstück nunmehr durchbohrt hat und daher ein weiteres Aufschmelzen nicht mehr stattfinden kann.

In Ausgestaltung der Erfindung wird das Verfahren so durchgeführt, daß das Werkstück mit reaktivem und/oder mit inertem Schneidgas eingelocht und/oder geschnitten wird, und daß nach einem mit reaktivem Schneidgas erfolgenden Einlochen bedarfsweise auf mit Inertgas erfolgendes Schneiden umgeschaltet wird oder umgekehrt.

Reaktives Schneidgas, z.B. O_2 , ermöglicht Oxydationsvorgänge im Bereich der Bearbeitungsstelle und damit schnelleres Aufschmelzen bzw. Brennen des Werkstückmaterials. Inertgas steigert die Schnittqualität durch Vermeidung von Oxidbildung, kann die Rauhtiefe vermindern und das Schneiden kritischer Werkstoffe erleichtern, auch in Verbindung mit einem reaktiven Schneidgas. Als reaktives Schneidgas wird beispielsweise Sauerstoff O_2 verwendet, als Inertgas beispielsweise Stickstoff N_2 . Die Bearbeitung mit reaktivem Schneidgas und mit Inertgas kann derart kombiniert werden, daß das Einlochen durch die Verwendung von reaktivem Schneidgas schnell erfolgt bzw. überhaupt erst ermöglicht wird, wonach eine vorteilhafterweise automatisch erfolgende Umschaltung auf ein Schneiden mit Inertgas durchgeführt wird, um die gewünschte Schnittqualität zu erreichen.

Vorteilhaft ist es, daß die Überwachung der bei der Bearbeitung vom Werkstück abgegebenen Wärmestrahlung vertikal zum Werkstück und gleichachsig mit der Laserstrahlung erfolgt. Dadurch ergibt sich eine stets ordnungsgemäße Positionierung der Meßstelle im Bereich der Bearbeitungsstelle. Vor allem ist jedoch der Vorteil gegeben, daß Platzprobleme vermieden werden, weil die Meßvorrichtung bei Konturschnitten nicht mitbewegt werden muß oder ein mit der Meßvorrichtung verbundener Meßfühler nicht in der Nähe der Bearbeitungsstelle des Werkstücks angeordnet werden muß. Vielmehr kann die Wärmestrahlung von dem ohnehin vorhandenen Strahlführungssystem ohne weiteres an eine

zur Auskopplung der Wärmestrahlung aus dem Laserstrahl geeignete Stelle geleitet werden.

Das Abtragen von Werkstoff mit einem Laser muß so gestaltet werden, daß eine höchstzulässige Abtragstiefe nicht überschritten wird. In Weiterbildung der Erfindung wird daher so vorgegangen, daß beim Abtragen von Werkstoff eines Werkstücks außer der von der Bearbeitungsstelle ausgehenden Wärmestrahlung auch die Abtragstiefe gemessen und für eine Grenzwertkorrektur herangezogen wird.

In der Regel kann der Sollabtrag nicht durch einen einzigen Arbeitsgang mit der erforderlichen Genauigkeit erreicht werden. Um größere Genauigkeiten auch im Falle größerer Abtragstiefen zuverlässig zu erreichen, wird daher so verfahren, daß das Abtragen von Werkstoff in zeitlich aufeinanderfolgenden Arbeitsschritten mit jeweils vorbestimmten Strahlungsintensitäten erfolgt, daß während oder nach jedem Arbeitsschritt die Abtragstiefe gemessen wird, und daß zumindest der obere Grenzwert verringert wird, wenn die der Messung nachfolgende, mit vorbestimmter Strahlungsintensität erfolgende Abtragsbearbeitung zu einer voraussichtlichen Überschreitung der Sollabtragstiefe führen würde.

Vorteilhaft ist es desweiteren, wenn eine Grenzwertkorrektur im gleichen Sinn zu einer Änderung der relativen Vorschubgeschwindigkeit der Bearbeitung erfolgt. Es kann dann beispielsweise erreicht werden, daß im Bereich von Bewegungsänderungen, also beispielsweise im Fall einer relativen Bewegungsumkehr des Laserstrahls ein zu großes Abtragen von Werkstoff vermieden wird, insbesondere um eine Überschreitung des Regelbereichs der Abtragsregelung zu vermeiden oder diese zu ergänzen.

Eine Vorrichtung zur Überwachung der Bearbeitung ist dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl mit einem Lochspiegel auf die Bearbeitungsstelle gerichtet ist, hinter dessen in Richtung des zur Bearbeitungsstelle gelenkten Strahlabschnitts

ausgerichtetem Loch eine Fotodiode als Strahlungsdetektor angeordnet ist, dem ein Bandpaßfilter vorgeordnet ist. Zum Auskoppeln der Wärmestrahlung aus dem Laserstrahl ist der Lochspiegel mit seinem Loch nämlich so angeordnet, daß er mittig zur Intensitätsverteilung des Laserstrahls liegt und damit die größtmögliche Wärmestrahlungsintensität für ein möglichst großes Meßsignal erbringt.

Der Laserstrahl weist einen Donat-Mode auf und das Loch des Lochspiegels ist im Bereich der geringen Strahlungsintensität des Strahlquerschnitts angeordnet. Die in der Mitte zumindest verringerte Intensitätsverteilung des Donat-Mode gestattet es, die von der Bearbeitungsstelle herrührende Wärmestrahlung weitgehend unbeeinträchtigt messen zu können.

Eine weitere Vorrichtung zur Überwachung der Bearbeitung ist dadurch gekennzeichnet, daß die von der Bearbeitungsstelle ausgehende Wärmestrahlung durch einen die Laserstrahlung reflektierenden, die Wärmestrahlung jedoch durchlassenden Spiegel bedarfsweise durch einen Bandpaßfilter und eine Sammellinse auf einen als Fotodiode ausgebildeten Strahlungsdetektor gerichtet ist. Die Anordnung eines teiltransmittierenden Spiegels ist baulich besonders einfach.

Eine dritte Vorrichtung zur Überwachung der Bearbeitung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Laserstrahlung durch das Loch eines Scraperspiegels auf die Bearbeitungsstelle eingestrahlt ist, und daß die von dieser ausgehende Wärmestrahlung von dem Spiegel durch einen Bandpaßfilter und eine Sammellinse auf den als Fotodiode ausgebildeten Strahlungsdetektor gerichtet ist. Der Scraperspiegel sammelt großflächig die außerhalb des Laserstrahlquerschnitts auftretende reflektierte Wärmestrahlung und lenkt diese zum Strahlungsdetektor hin um.

Der Bandpaßfilter erlaubt es in allen vorbeschriebenen Anwendungsfällen, von der Bearbeitungsstelle ausgehende Wärmestrahlung unerwünschter Wellenlänge abzufangen und auch etwa auftretende Streustrahlungen und/oder Reflexionen von Laser-

strahlung aus dem Bearbeitungsbereich nicht zur Einwirkung und damit zur Verfälschung des Meßergebnisses durch den Strahlungsdetektor kommen zu lassen.

Eine Vorrichtung, mit der die vorbeschriebenen Überwachungsrichtungen vorzugsweise verwendet werden können, ist dadurch gekennzeichnet, daß sie zum Einlochen und/oder Schneiden des Werkstücks eine den Laser ein- und ausschaltende Ablaufsteuerung hat, die mit einer die Bearbeitungsart sowie den Beginn und das Ende der Bearbeitung bestimmenden CNC-Steuereinheit funktionsmäßig verbunden und von einem Trigger beaufschlagt ist, an den der Detektor sowie den oberen und den unteren Grenzwert bestimmende Geber angeschlossen sind.

Die vorbeschriebene Vorrichtung ist insbesondere zum Einlochen und Schneiden des Werkstücks geeignet. Zum Abtragen von Werkstoff des Werkstücks wird sie zweckmäßigerweise modifiziert, nämlich im Hinblick auf die dann verwendete Abstandsmessung, infolge derer sie so ausgebildet ist, daß sie zum Abtragen von Werkstoff des Werkstücks eine den Laser ein- und ausschaltende Abtragsregelung hat, die mit einer die Bearbeitungsart, den Sollabtrag und bedarfsweise die relative Vorschubgeschwindigkeit sowie die den Beginn und das Ende der Bearbeitung bestimmenden CNC-Steuereinheit funktionsmäßig verbunden ist, und daß die Abtragsregelung von einer die Abtragstiefe messenden Einrichtung und von einem Trigger beaufschlagt ist, an den der Detektor sowie den oberen und unteren Grenzwert bestimmende Geber angeschlossen sind, die mit der Abtragsregelung in Abhängigkeit von der die Abtragstiefe messenden Einrichtung einstellbar sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die Erfindung wird anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert. Es zeigt:

Fig.1 eine diagrammatische Darstellung des Meßergebnisses eines Strahlungsdetektors und der Laseransteuerung, jeweils in der Abhängigkeit von der Zeit,

Fig.2 ein Blockschaltbild einer Steuereinrichtung zur

- Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,
Fig.3 eine Strahlführung mit Strahlungsdetektor,
Fig.4 eine schematische Darstellung einer Überwachungseinrichtung mit einem Scraperspiegel,
Fig.5 eine schematische Darstellung eines mehrschichtigen Abtragens von Werkstoff,
Fig.6 die Abtragstiefe a in Abhängigkeit von der Zeit t beim Abtragen der Lagen in einem Werkstück der Fig.5,
Fig.7 eine der Fig.1 oben ähnliche Darstellung zur Erläuterung der Grenzwertkorrektur, und
Fig.8 eine der Fig.2 ähnliche Darstellung mit einem Blockschaltbild einer Steuereinrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Abtragens.

Beste Wege zur Ausführung der Erfindung

Gemäß Fig.3 wird ein Werkstück 10 mit einem Laserstrahl 11 geschnitten. Die Schneidstelle ist mit 12 bezeichnet, so daß der ungeschnittene Bereich des Werkstücks 10 mit Diagonalstrichen versehen ist, während die freiliegenden Schnittflanken 17 ungekennzeichnet bleiben. Diese Flächen sind im Idealfall völlig glatt. Der Laserstrahl 11 erzeugt an der Bearbeitungsstelle 12 auf der Oberfläche 10' des Werkstücks 10 einen Schneidfleck 18, der die Breite der Schnittfuge und deren Schnittfront bestimmt. Die Größe des Schneidflecks 18 wird durch eine im Strahlengang gelegene Fokussierlinse 23 bestimmt, beispielsweise eine ZnSe-Linse. Nahe der Bearbeitungsstelle 12 ist eine Schneidgasdüse 24 mit einem Durchlaß 25 für den Laserstrahl und in nicht dargestellter Weise zugeleitetes reaktives Schneid- und/oder Inertgas angeordnet.

Der Laserstrahl 11 hat einen Donat-Mode, d.h. seine Intensität ist etwa gemäß dem in Fig.3 oben dargestellten Gitterbild radial verteilt. Dementsprechend ist der Laserstrahl 11 in Fig.3 nur im Bereich seiner größten Intensitäten geschwärzt dargestellt. Aus Fig.3 ist dementsprechend ersichtlich, daß der zentrale Bereich des Laserstrahls 11 keine bzw. eine nur sehr geringe Intensität aufweist, so daß hier Platz für von der Bearbeitungsstelle 12 ausgehende Wärmestrahlung 16 ist. Diese

Wärmestrahlung wird von der Bearbeitungsstelle 12 durch die Linse 23 zunächst einem Umlenkspiegel 26 und dann einem Lochspiegel 12 zugeleitet, durch dessen Loch 21 sie austritt, einen Bandpaßfilter 22 durchsetzt und auf einen Strahlungsdetektor 13 trifft, der beispielsweise als Fotodiode ausgebildet ist.

Das Loch 21 ist in der Richtung 20 des zwischen den Spiegeln 26,21 angeordneten Strahlabschnitts 11' gerichtet und vom Durchmesser her so gewählt, daß es ausgeschlossen ist, daß vom Laser kommende Strahlung direkt durch das Loch 21 in Richtung auf den Strahlungsdetektor 13 gelangen kann. Der Lochspiegel 21 kann unter Wegfall des Umlenkspiegels 26 auch so angeordnet werden, daß der Strahlabschnitt 11' direkt durch die Linse 23 auf die Bearbeitungsstelle 12 trifft, sofern auf den Lochspiegel 19 entsprechend seitlich eingestrahlt wird.

Die Einwirkung des Laserstrahls 11 auf die Bearbeitungsstelle 12 bewirkt ein Ansteigen der Temperatur des Werkstückmaterials, wenn der Laser zum Zeitpunkt t_e eingeschaltet wird. Unterstellt man idealisierend, daß der Laser von t_e bis t_a mit einer vorbestimmten Intensität eingeschaltet ist, so resultiert daraus die in Fig.1 idealisierte Anstiegskurve des Strahlungsdetektor- bzw. Diodensignals. Der Anstieg erfolgt bis auf einen oberen Grenzwert 14, also bis auf einen Temperaturwert, bei dem die Bearbeitungsstelle 12 durch Emission einer durch Wellenlänge und Intensität bestimmten Wärmestrahlung erkennen läßt, daß das Werkstückmaterial eine bestimmte Temperatur erreicht hat. In diesem Augenblick t_a wird der Laser abgeschaltet, so daß sich die Bearbeitungsstelle 12 abkühlt und das Diodensignal demgemäß verringert wird, bis der untere Grenzwert 15 erreicht ist. In diesem Augenblick t_{e1} wird der Laser wieder eingeschaltet usw. Es ergibt sich eine Folge von bei eingeschaltetem und bei ausgeschaltetem Laser auftretenden Meßwerten des Strahlungsdetektors 13 in Abhängigkeit von der Zeit zwischen den Grenzwerten 14,15 gemäß Fig.1. Die zugehörigen Laserimpulse bzw. Einschaltzeiten des Lasers ergeben sich aus dem unteren Teil dieser Figur. Es ist dargestellt, daß die erste Einschalt-

dauer $t_a - t_e$ zum allgemeinen Aufheizen etwas größer ist, als die nachfolgenden Einschalt Dauern, z.B. $t_{a1} - t_{e2}$.

Außerdem ist in Fig.1 dargestellt, daß das Einschalten des Lasers zu einem Zeitpunkt t_{en} keine Erhöhung des Meßwerts des Strahlungsdetektors 13 zur Folge hat. Vielmehr ist nach einer vorbestimmten Zeit T_E noch stets derselbe Meßwert vorhanden bzw. gar gesunken. Die Ursache hierfür ist, daß im Bereich des Laserstrahls kein aufzuheizendes Material mehr vorhanden ist, beispielsweise weil ein Einlochvorgang im Sinne eines Durchbohrens abgeschlossen ist. Ein derartiges Meßergebnis wird dazu benutzt, das Einlochen abzubrechen oder vom Einlochbetrieb bei stillstehendem Laserstrahl auf einen kontinuierlichen oder schrittweise erfolgenden Vorschub des Laserstrahls umzuschalten.

Aus Fig.2 ist die funktionsmäßige Verknüpfung der wichtigsten Bestandteile einer Vorrichtung zum Bearbeiten ersichtlich. Die von dem Detektor 13 im Verlaufe der Zeit ermittelten Meßwerte 27 werden verstärkt an einen Schmitt-Trigger 28 weitergeleitet, der außerdem mit Gebern 29 und 30 für den oberen Grenzwert 14 sowie für den unteren Grenzwert 15 verbunden ist. Der Schmitt-Trigger 28 gibt dem Meßwertverlauf 27 entsprechend unter Berücksichtigung der Grenzwerte 14,15 Schaltimpulse 31 für eine Ablaufsteuerung 32, von der aus der Laser 33 angesteuert wird, und zwar mit den aus Fig.1 ersichtlichen Ansteuerimpulsen 34.

Die Ablaufsteuerung 32 ist außerdem mit der CNC-Steuereinheit 35 funktionsmäßig verbunden. Letztere bestimmt beispielsweise die Betriebsart der Ablaufsteuerung 32, gibt also die Befehle entweder zum Einlochbetrieb oder zum Schneidbetrieb der Ablaufsteuerung 32. Insoweit ist beispielsweise unterschiedlich, daß im Einlochbetrieb eine Abschalt- und/oder Umschaltautomatik für den Fall vorhanden sein muß, daß das Loch durchgängig ist. In diesem Fall meldet die Ablaufsteuerung 32 das Ende des Einlochens an die Steuerung 35. Auch die Startbefehle für das Einlochen und das Schneiden und der Abschaltbefehl für

Schneidbetrieb gehen von der Steuereinheit 35 aus. Letztere beeinflusst auch die Schneidgassteuerung 36, also die Zufuhr von z.B. Sauerstoff beim Einlochbetrieb. Außerdem dient die CNC-Steuereinheit 35 dazu, das sogenannte Handling 37 zu beeinflussen, also die erforderlichen Stellbewegungen beim Einlochen und/oder Schneiden.

Die vorbeschriebenen Verfahrensschritte und Vorrichtungen eignen sich auch zum Einlochen und Schneiden von nichtmetallischen Werkstoffen. Beispielsweise können Holz, Hartschaumstoff, Kunststoff, Glas, Keramiken und Baumwollgewebe geschnitten werden. An die Stelle der oberen und/oder unteren Grenzwerte, z.B. an die Stelle der Schmelz- oder Zündtemperatur o. dgl. treten für diese Werkstoffe maßgebliche Erfahrungswerte, wie beispielsweise die Zersetzungstemperatur und/oder die Erweichungstemperatur bei Kunststoff.

Zur Erzeugung der Laserstrahlung werden Kohlendioxid-, Kohlenmonoxid-, Festkörper-, Eximer- oder Argonlaser verwendet.

Fig.3 zeigt eine weitere Möglichkeit, die von der Bearbeitungsstelle 12 reflektierte Wärmestrahlung zu überwachen, und zwar durch Verwendung eines teiltransmittierenden Spiegels 26, der also die Laserstrahlung des Laserstrahls 11 voll reflektiert, jedoch die Wärmestrahlung 16 durchläßt, so daß diese durch einen bedarfsweise vorhandenen Bandpaßfilter 32 hindurch und/oder eine nicht dargestellte Sammellinse auf den als Fotodiode ausgebildeten Strahlungsdetektor 13 einwirken kann.

Fig.4 zeigt einen beispielsweise von einem CO₂-Laser erzeugten Laserstrahl 11, der durch das Loch 38 eines Scraperspiegels 39 in Richtung auf das Werkstück 10 gestrahlt wird. Eine Sammellinse 23 fokussiert die Laserstrahlung und erzeugt auf der Werkstückoberfläche 10' den Strahlfokus 18. Die beim Schneiden vom Werkstück 10 ausgehende Wärmestrahlung 16 trifft auf den Ring des Scraperspiegels 39 und wird von diesem im Winkel zum Laserstrahl 11 abgestrahlt. Danach wird die Wärmestrahlung 16' durch einen Bandpaßfilter 22 einer Sammellinse 40 zu-

geführt welche die Wärmestrahlung auf den als Fotodiode ausgebildeten Strahlungsdetektor 13 fokussiert.

In Fig.5 ist ein Werkstück 10 dargestellt, in das eine quaderförmige Vertiefung 42 mit einer Gesamtabtragstiefe a_{soll} mittels Laserstrahlung eingearbeitet werden soll. Wenn diese Abtragstiefe vergleichsweise groß ist, kann sie nicht mit einem einzigen Arbeitsgang erreicht werden. Vielmehr muß der abzutragende Bereich des Werkstücks 10 mehrfach bearbeitet werden, so daß der Werkstoff lagenweise entfernt wird. In Fig.5 sind diese Lagen exakt gleich groß und gleich dick übereinander angeordnet. Es versteht sich jedoch, daß die Lagen infolge unterschiedlicher Ausgestaltung der Vertiefung 42 auch abweichend ausgebildet sein können, also unterschiedlich groß und unterschiedlich dick.

Fig.6 zeigt für den Fall der Fig.5 die Abtragstiefe a über der Zeit t und es ist ersichtlich, daß die Abtragstiefe infolge zeitlich aufeinander folgende Arbeitsschritte, deren Dauer durch t_1, t_2 usw. gekennzeichnet ist, in gleichgroßen Beträgen gesteigert wird. Das bedeutet, daß das Abtragen des Werkstoffs mit jeweils vorbestimmter Strahlungsintensität erfolgt. Es ist ersichtlich, daß nach dem Abtragen der $n-1$.Lage die Anwendung einer ungeänderten Strahlungsintensität zu einer Überschreitung der Sollabtragstiefe führen würde. Die n .Lage muß daher so abgetragen werden, daß zumindest der obere Grenzwert verringert wird. Das wird anhand der Fig.7 erläutert.

In Fig.7 zeigt das Diagramm die Abhängigkeit des Diodensignals einer die Abtragstiefe messenden Einrichtung 41 von der Zeit t für die Arbeitsschritte der Fig.5,6. Es ist ersichtlich, daß bei den Arbeitsschritten t_1, t_2 bis t_{n-1} mit einem ersten oberen Grenzwert $14'$ gearbeitet wird, sowie mit einem ersten unteren Grenzwert $15'$. Zwischen diesen Grenzwerten werden während eines Abtragintervalls, z.B. t_1 eine Anzahl von Laserlichtimpulsen vorbestimmter Intensität angewendet. Die infolgedessen zugeführte Strahlungsenergie bestimmt sich durch die Grenzwerte $14', 15'$. Zum Abtragen der n .Lage sind die Grenzwerte gesenkt.

Die zugeführte Energie bestimmt sich nun durch den zweiten oberen Grenzwert und durch den zweiten unteren Grenzwert. Beide Grenzwerte sind kleiner. Die zugeführte Energie ist geringer, so daß die Sollabtragstiefe nicht überschritten wird.

Anhand der Fig.5 bis 7 wurde ein schrittweises Abtragen von Werkstoff beschrieben. Es ist jedoch auch möglich, daß die Sollabtragstiefe mit einem einzigen Arbeitsschritt erreicht werden kann, insbesondere wenn sie gering ist. In diesem Fall muß je nach Größe der Sollabtragstiefe ebenfalls eine Beeinflussung der Grenzwerte 14',15' erfolgen. Beides kann durch ein während des Abtragens erfolgendes Messen der Abtragstiefe erreicht werden. Dafür ist eine Einrichtung 41 vorhanden, die in Fig.3 schematisch dargestellt wurde. Sie mißt in einem Winkel zum auf das Werkstück 10 fallenden Laserstrahl 11. Eine solche Messung kann aber auch gleichachsig erfolgen. Die Einrichtung ist beispielsweise ein nach dem Triangulationsprinzip arbeitender optischer Abstandssensor. Die Abstandsmessung erfolgt entweder nach einem werkstoffabtragenden Arbeitsschritt, oder währenddessen. Letzteres ist erforderlich, wenn lediglich ein einziger werkstoffabtragender Arbeitsschritt erfolgt, wie oben beschrieben.

Die abstandsmessende Einrichtung 41 ist funktionsmäßig in eine in Fig.8 blockschaltmäßig dargestellte Regeleinrichtung eingebunden, die der Steuereinrichtung der Fig.2 ähnlich ist. Die Bearbeitungsstelle 12 des Werkstücks 10 wird in derselben Weise wie beim Schneid- und Einlochbetrieb von einem Detektor 13 überwacht, von dem aus ein verstärktes Signal an einen Schmitt-Trigger 28 gegeben wird, der unter Beachtung der oberen und unteren Grenzwerte 14',15' der Geber 29,30 dem Meßwertverlauf gemäß Fig.7 entsprechende Schaltimpulse 31 an eine Abtragsregelung 32' zur Regelung des Lasers 33 mittels der Regelimpulse 34 weitergibt. Zusätzlich wird die Bearbeitungsstelle 12 jedoch noch von der Abstands-Meßeinrichtung 41 beobachtet, so daß eine Abtragsmessung erfolgt, deren Ergebnis der Abtragsregelung 32' zur Verfügung gestellt wird.

Die Abtragsregelung 32' ist gemäß Fig.8 desweiteren mit einer CNC-Steuereinheit 35' funktionsmäßig verbunden, die die Betriebsart, den Sollabtrag a_{soll} , die relative Vorschubgeschwindigkeit sowie den Beginn und das Ende der Bearbeitung bestimmt, in dem sie Signale "Abtragen" an die Abtragsregelung 32' gibt und von dieser den Istabtrag gemeldet bekommt, sowie das Signal "Sollabtrag erreicht", so daß das Signal "Abtragen" gestoppt werden kann. Außerdem kann die CNC-Steuerung 35' mit Befehlen "Messen" den Betrieb der Einrichtung 41 steuern, und zwar entweder gleichzeitig mit dem Befehl "Abtragen", also sozusagen on-line oder danach, also sozusagen off-line.

Gewerbliche Verwertbarkeit

Die Erfindung dient zur Bearbeitung von Werkstücken, insbesondere zum Schneiden, Einlochen und Abtragen metallischer Werkstücke.

Ansprüche:

1. Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken (10) mit Laserstrahlung (11), insbesondere zum Schneiden, Einlochen und Abtragen metallischer Werkstücke (10), bei dem die Bearbeitungsstelle (12) des Werkstücks (10) mit einem Strahlungsdetektor (13) überwacht wird, unter dessen Mitwirkung die Intensität der Laserstrahlung bei Erreichen eines oberen Grenzwertes (14) reduziert und bei Erreichen eines unteren Grenzwertes (15) gesteigert wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß mit dem Strahlungsdetektor (13) die von dessen Bearbeitungsstelle (12) ausgehende Wärmestrahlung (16) gemessen wird, mit der eine obere Temperatur als der obere Grenzwert (14) eines vorbestimmten Temperaturbereichs und eine untere Temperatur als der untere Grenzwert (15) dieses Temperaturbereichs überwacht werden, und daß die Laserstrahlung bei Erreichen des oberen Grenzwerts (14) abgeschaltet und bei Erreichen des unteren Grenzwerts (15) wieder eingeschaltet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der obere Grenzwert (14) bei metallischen Werkstücken (10) zwischen der Verdampfungstemperatur und der Schmelztemperatur liegt, und daß der untere Grenzwert (15) beim Schmelzbearbeiten etwa gleich der Schmelztemperatur und beim Bearbeiten mit reaktivem Schneidgas im Bereich der Zündtemperatur liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Vorschub des Laserstrahls (11) beim Schneiden mit einem eine vorbestimmte Rauhtiefe der Schnittflanken (17) des Werkstücks (10) gewährleistenden Überlappungsgrad seiner beim Ab- und Einschalten aufeinanderfolgenden Schneidflecken (18) erfolgt.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Bear-

- beitung beim Einlochen beendet wird, wenn der obere Grenzwert (14) nach einer vorbestimmten Zeit (TE) nicht erreicht ist.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das Werkstück (10) mit kontinuierlicher Laserstrahlung bearbeitet wird.
 6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das Werkstück (10) mit reaktivem und/oder mit inertem Schneidgas eingelocht und/oder geschnitten wird, und daß nach einem mit reaktivem Schneidgas erfolgenden Einlochen bedarfsweise auf mit Inertgas erfolgendes Schneiden umgeschaltet wird oder umgekehrt.
 7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Überwachung der bei der Bearbeitung vom Werkstück (10) abgegebenen Wärmestrahlung (16) vertikal zum Werkstück (10) und gleichachsig mit der Laserstrahlung erfolgt.
 8. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß beim Abtragen von Werkstoff eines Werkstücks (10) außer der von der Bearbeitungsstelle (12) ausgehenden Wärmestrahlung (16) auch die Abtragstiefe (a) gemessen und für eine Grenzwertkorrektur herangezogen wird.
 9. Verfahren nach Anspruch 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das Abtragen von Werkstoff in zeitlich aufeinanderfolgenden Arbeitsschritten mit jeweils vorbestimmten Strahlungsintensitäten erfolgt, daß während oder nach jedem Arbeitsschritt die Abtragstiefe (a) gemessen wird, und daß zumindest der obere Grenzwert (14') verringert wird, wenn die der Messung nachfolgende, mit vorbestimmter Strahlungsintensität erfolgende Abtragsbearbei-

tung zu einer voraussichtlichen Überschreitung der Sollabtragstiefe (a_{soll}) führen würde.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Grenzwertkorrektur im gleichen Sinn zu einer Änderung der relativen Vorschubgeschwindigkeit der Bearbeitung erfolgt.
11. Vorrichtung zum Bearbeiten von Werkstücken (10) mit Laserstrahlung, nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl (11) mit einem Lochspiegel (19) auf die Bearbeitungsstelle (12) gerichtet ist, hinter dessen in Richtung (20) des zur Bearbeitungsstelle (12) gelenkten Strahlabschnitts (11') ausgerichtetem Loch (21) eine Fotodiode als Strahlungsdetektor (13) angeordnet ist, dem ein Bandpaßfilter (22) vorgeordnet ist.
12. Vorrichtung zum Bearbeiten von Werkstücken (10) mit Laserstrahlung, nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl (11) einen Donat-Mode aufweist und das Loch (21) des Lochspiegels (19) im Bereich der geringen Strahlungsintensität des Strahlquerschnitts angeordnet ist.
13. Vorrichtung zum Bearbeiten von Werkstücken (10) mit Laserstrahlung, nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die von der Bearbeitungsstelle ausgehende Wärmestrahlung durch einen die Laserstrahlung reflektierenden, die Wärmestrahlung jedoch durchlassenden Spiegel (26) bedarfsweise durch einen Bandpaßfilter (22) und eine Sammellinse auf einen als Fotodiode ausgebildeten Strahlungsdetektor (13) gerichtet ist.
14. Vorrichtung zum Bearbeiten von Werkstücken (10) mit Laserstrahlung, nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die La-

serstrahlung durch das Loch (38) eines Scraperspiegels (39) auf die Bearbeitungsstelle (12) eingestrahlt ist, und daß die von dieser ausgehende Wärmestrahlung von dem Spiegel (39) durch einen Bandpaßfilter (22) und eine Sammellinse (40) auf den als Fotodiode ausgebildeten Strahlungsdetektor (13) gerichtet ist.

15. Vorrichtung zum Bearbeiten von Werkstücken (10) mit Laserstrahlung, nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 14, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß sie zum Einlochen und/oder Schneiden des Werkstücks (10) einen Laser (33) ein- und ausschaltende Ablaufsteuerung (32) hat, die mit einer die Bearbeitungsart sowie den Beginn und das Ende der Bearbeitung bestimmenden CNC-Steuereinheit (35) funktionsmäßig verbunden und von einem Trigger (28) beaufschlagt ist, an den der Detektor (13) sowie den oberen und den unteren Grenzwert (14,15) bestimmende Geber (29,30) angeschlossen sind.
16. Vorrichtung zum Bearbeiten von Werkstücken (10) mit Laserstrahlung, nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 14, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß sie zum Abtragen von Werkstoff des Werkstücks (10) einen Laser (33) ein- und ausschaltende Abtragsregelung (32') hat, die mit einer die Bearbeitungsart, den Sollabtrag (a_{soll}) und bedarfsweise die relative Vorschubgeschwindigkeit sowie die den Beginn und das Ende der Bearbeitung bestimmenden CNC-Steuereinheit (35') funktionsmäßig verbunden ist, und daß die Abtragsregelung (32') von einer die Abtragstiefe (a) messenden Einrichtung (41) und von einem Trigger (28) beaufschlagt ist, an den der Detektor (13) sowie den oberen und unteren Grenzwert (14',15') bestimmende Geber (29,30) angeschlossen sind, die mit der Abtragsregelung (32') in Abhängigkeit von der die Abtragstiefe (a) messenden Einrichtung (41) einstellbar sind.

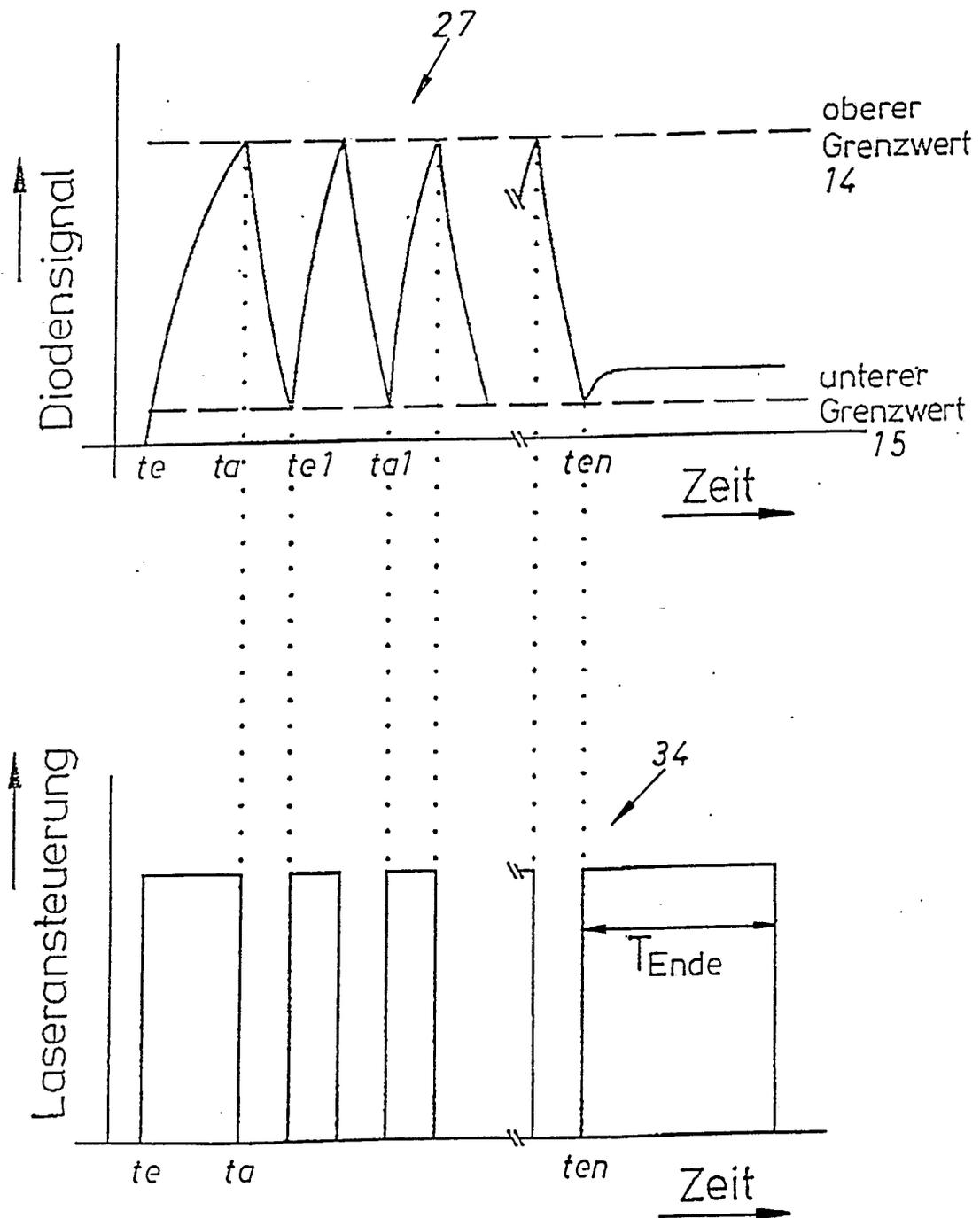


FIG.1

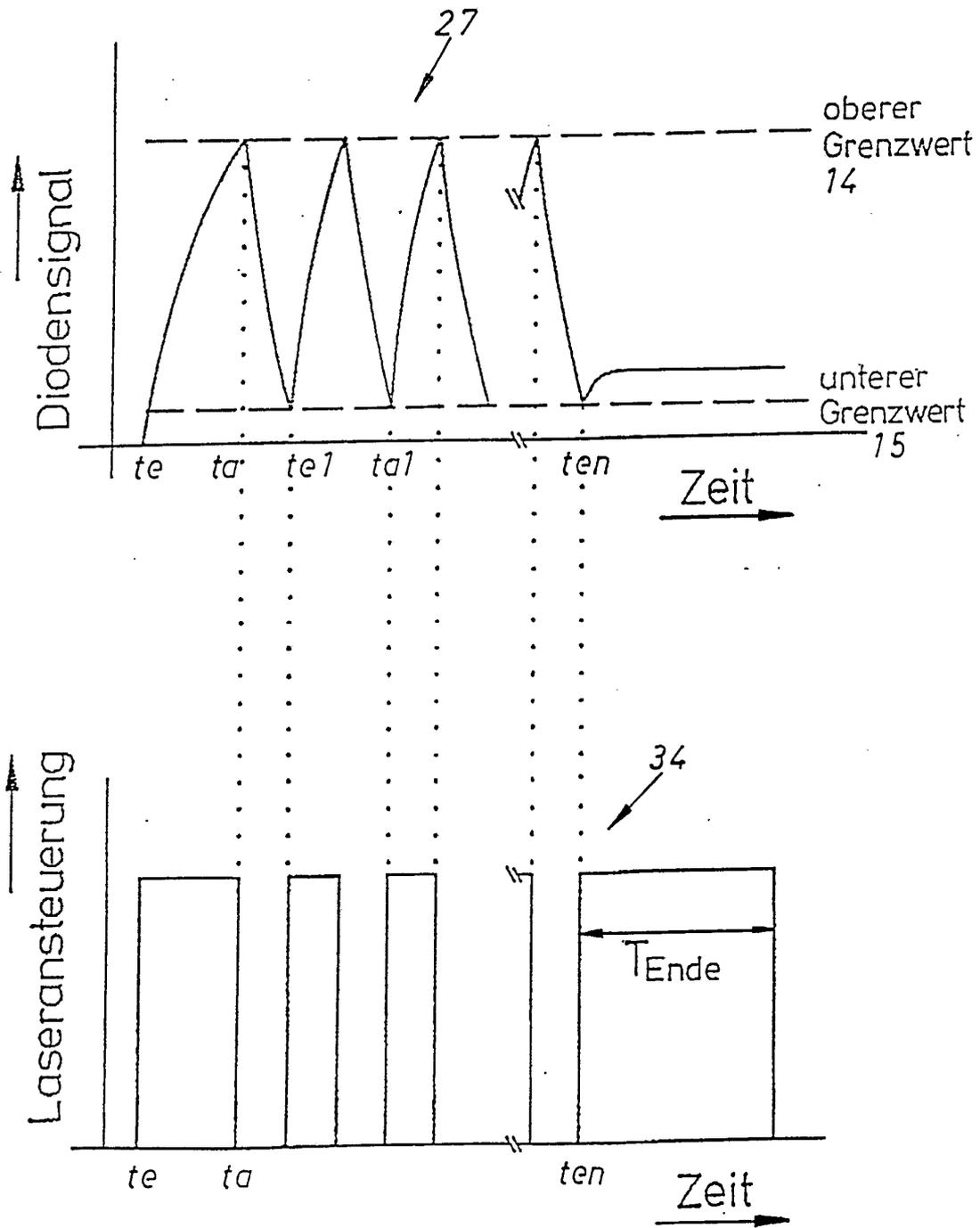


FIG.1

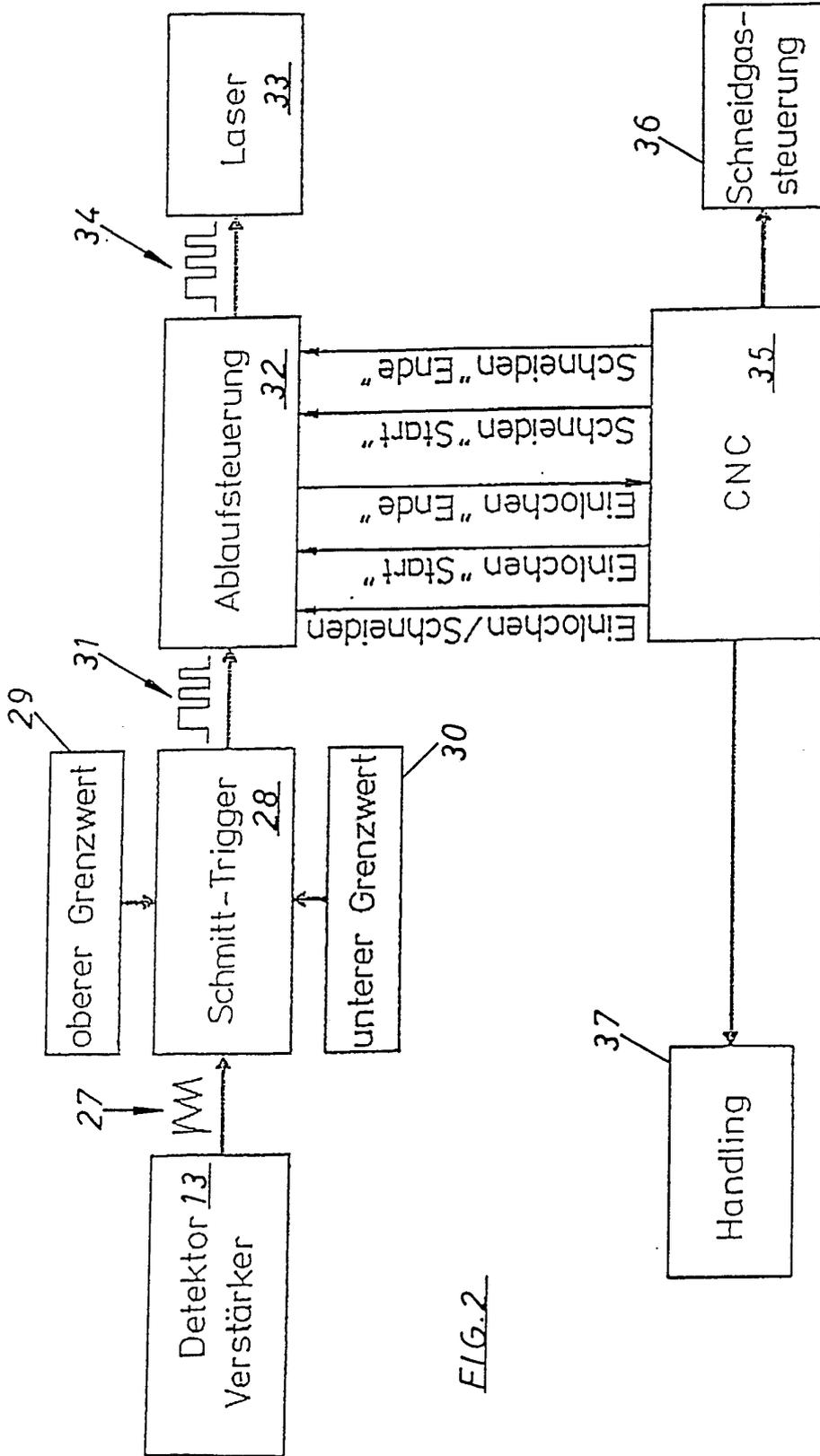


FIG. 2

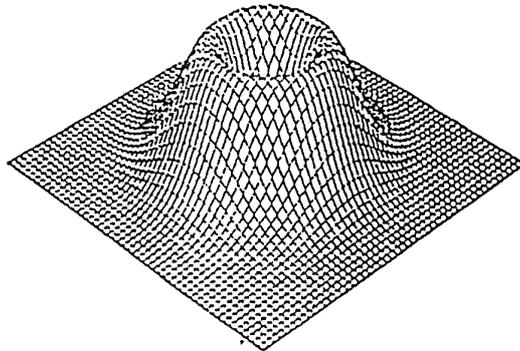


FIG. 3

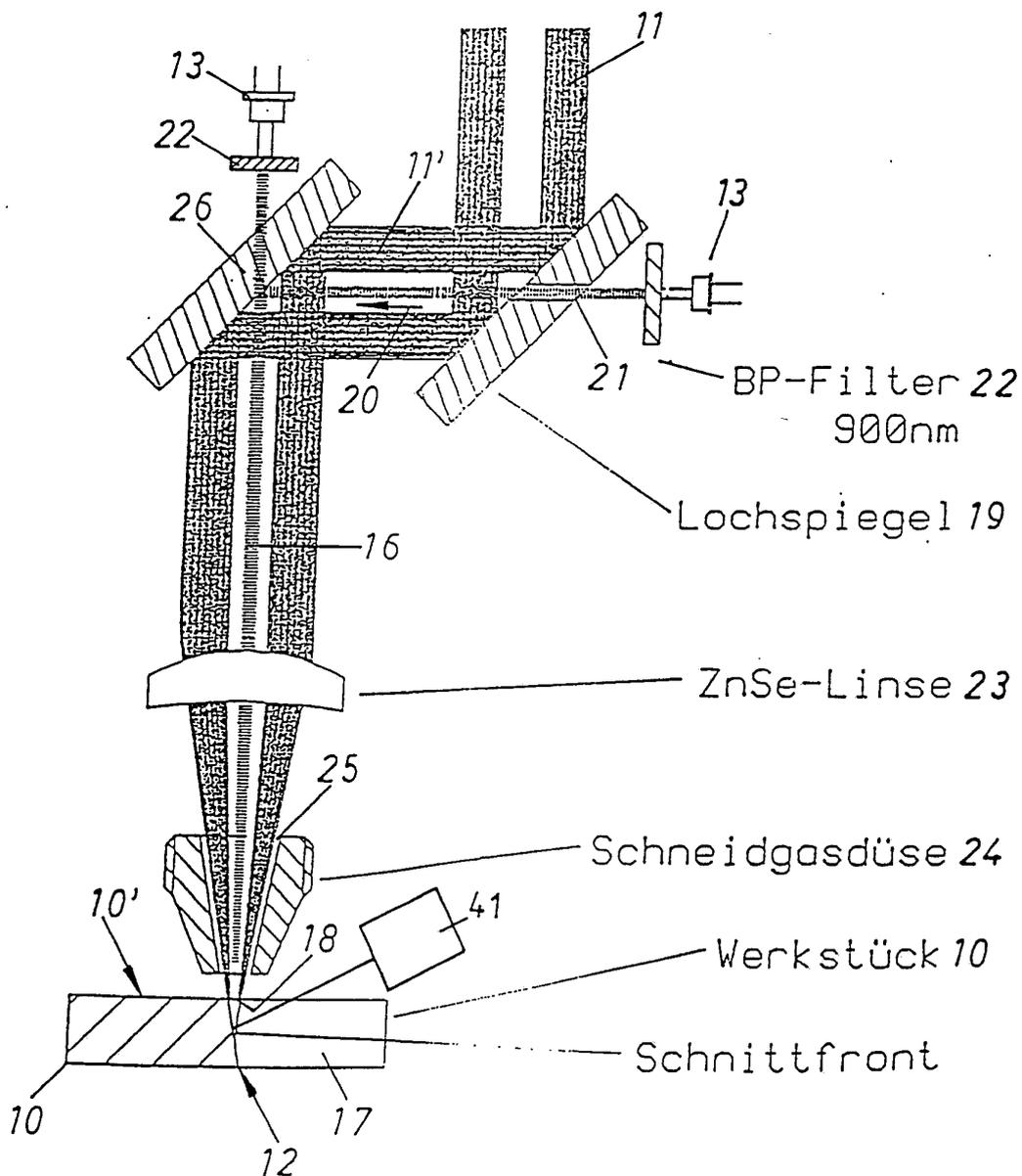
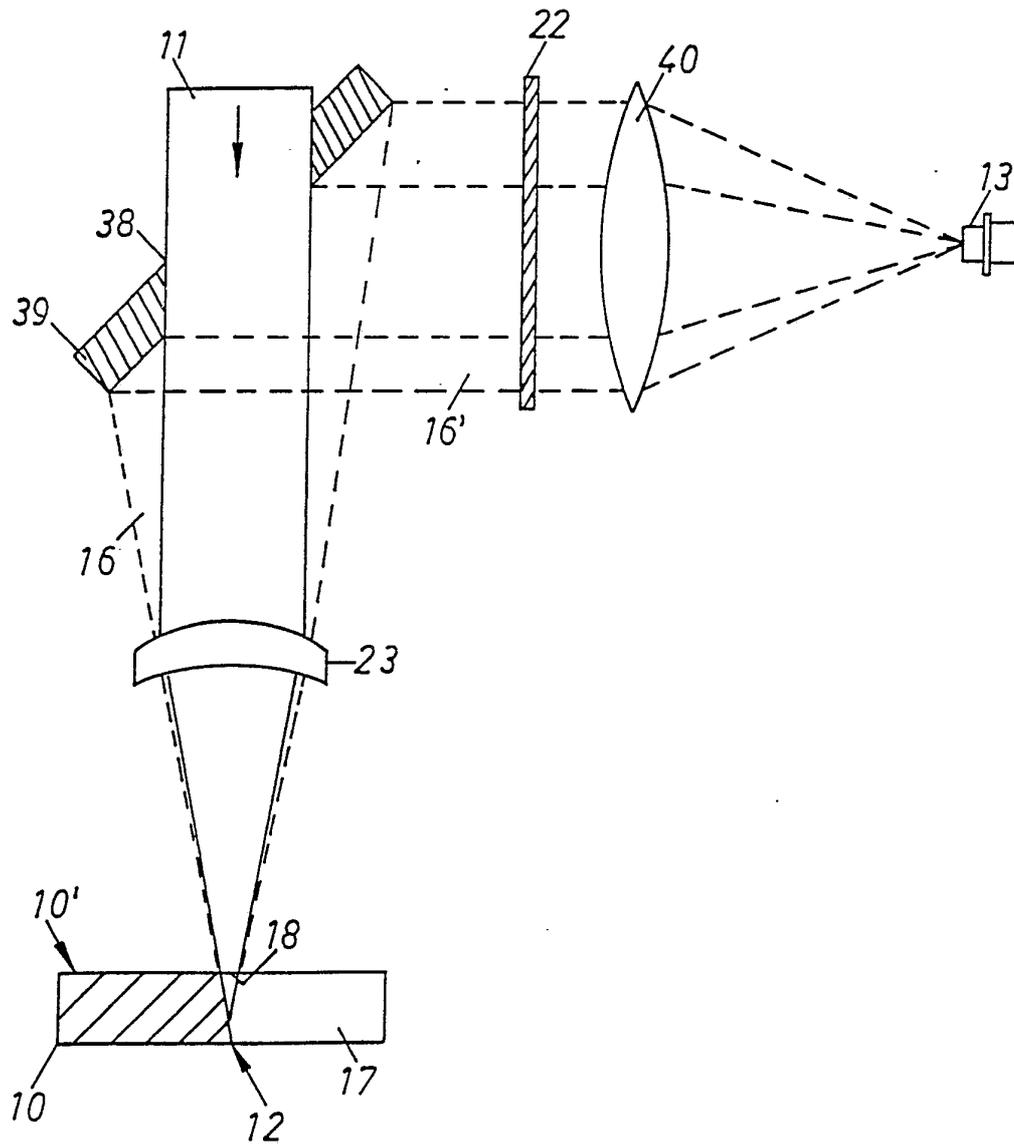


FIG. 4



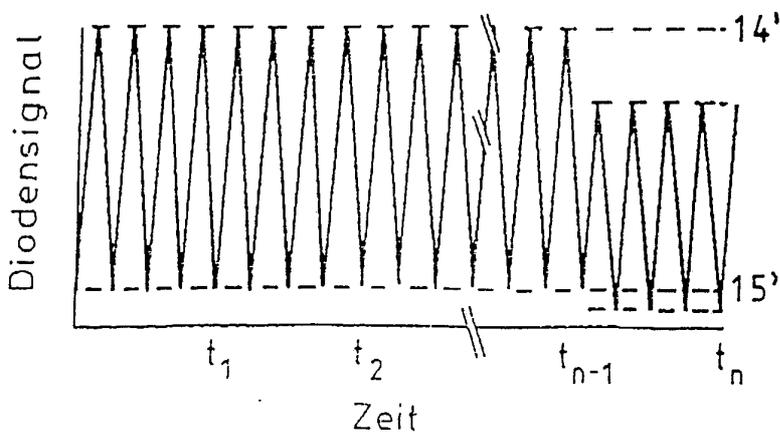
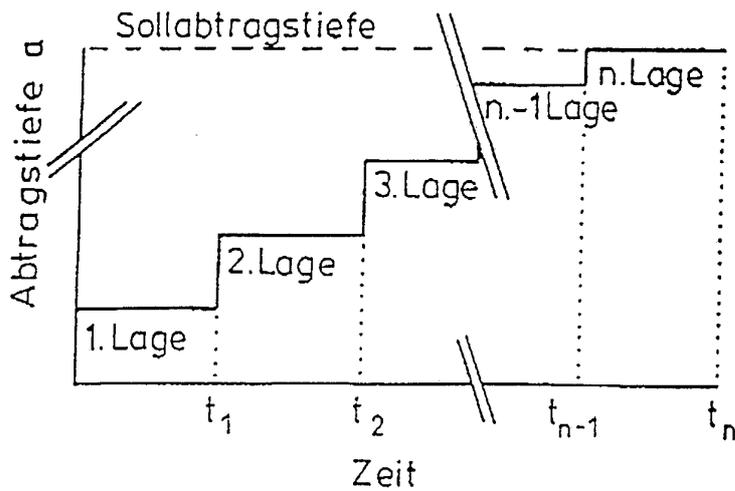
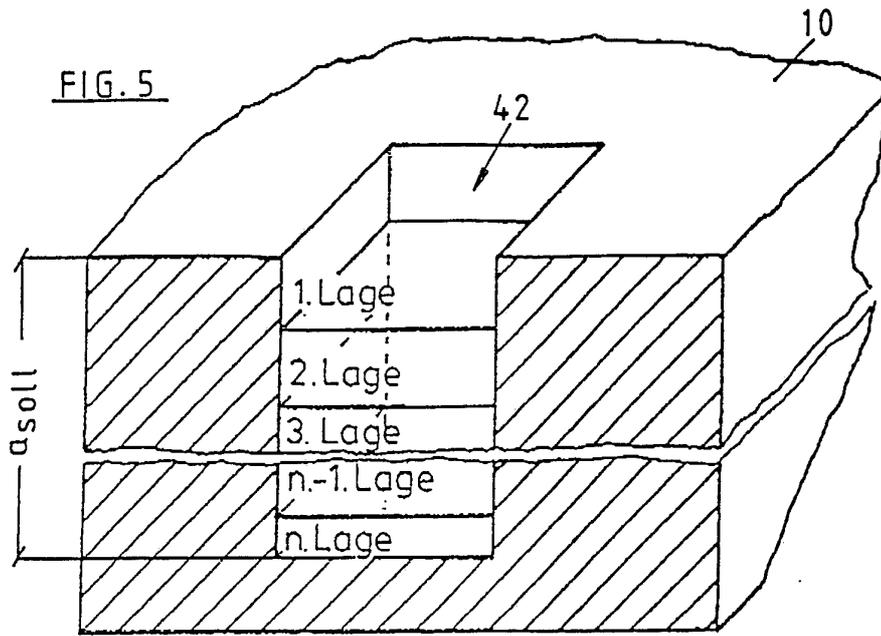


FIG. 6

- 1. oberer Grenzwert
- 2. oberer Grenzwert

FIG. 7

- 1. unterer Grenzwert
- 2. unterer Grenzwert

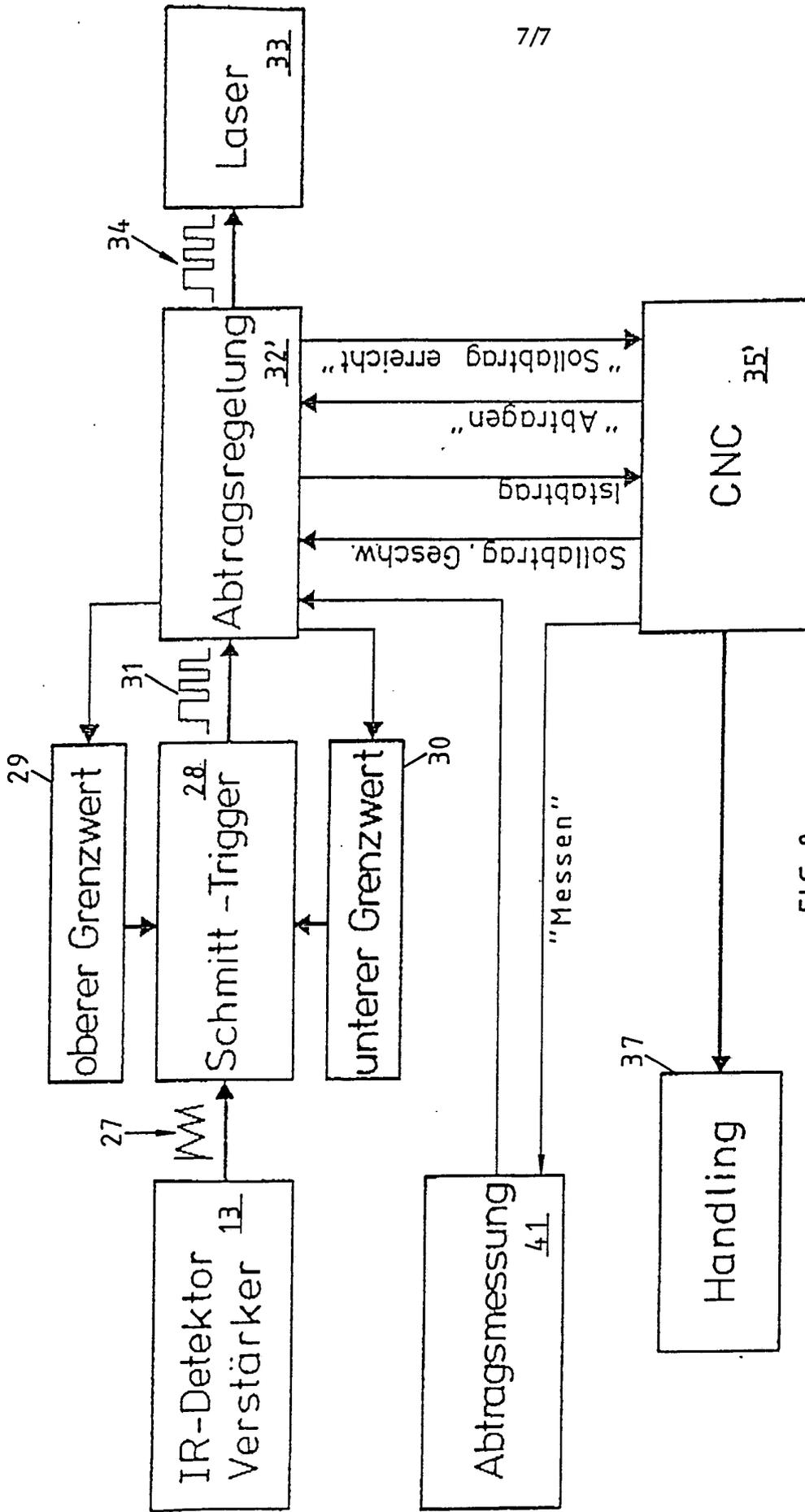


FIG. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 89/00781

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. ⁵	B23K26/04	
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. ⁵	B23K	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the extent that such Documents are included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category ¹⁰	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
A	DE,U,8710866 (ROBERT BOSCH) 08 December 1988 see page 2, paragraph 2 - page 5, paragraph 2; figure ---	1,5,7,8,11
A	EP,A,0217077 (FIRMA CARL ZEISS) 08 April 1987 see page 4, last paragraph - page 6, last paragraph; figure ---	1,5,11
A	US,A,4774393 (TARUMOTO ET AL.) 27 September 1988 see column 1, line 57 - column 5, line 40; figure 1c ---	1,5,6
A	US,A,4752669 (SHARP ET AL.) 21 June 1988 see column 2, line 10 - column 7, line 17; figure 3,4 ---	1,5
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>¹⁰ Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"Δ" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
10 April 1990 (10.04.90)	2 May 1990 (02.05.90)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
European Patent Office		

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

PCT/DE 89/00781
SA 33092

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 10/04/90

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-U-8710866	08-12-88	None	
EP-A-0217077	08-04-87	DE-A- 3530189 CA-A- 1260072 JP-A- 62047352 US-A- 4707596	05-03-87 26-09-89 02-03-87 17-11-87
US-A-4774393	27-09-88	JP-A- 62256960	09-11-87
US-A-4752669	21-06-88	AU-A- 1180188 EP-A- 0343174 WO-A- 8804591	15-07-88 29-11-89 30-06-88

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int.Kl. 5 B23K26/04		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Kl. 5	B23K	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN ⁹		
Art. ^o	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
A	DE,U,8710866 (ROBERT BOSCH) 08 Dezember 1988 siehe Seite 2, Absatz 2 - Seite 5, Absatz 2; Figur	1, 5, 7, 8, 11
A	EP,A,0217077 (FIRMA CARL ZEISS) 08 April 1987 siehe Seite 4, letzter Absatz - Seite 6, letzter Absatz; Figur	1, 5, 11
A	US,A,4774393 (TARUMOTO ET AL.) 27 September 1988 siehe Spalte 1, Zeile 57 - Spalte 5, Zeile 40; Figur 1c	1, 5, 6
A	US,A,4752669 (SHARP ET AL.) 21 Juni 1988 siehe Spalte 2, Zeile 10 - Spalte 7, Zeile 17; Figuren 3, 4	1, 5
<p>^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen ¹⁰ :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
10. APRIL 1990	- 2 MAY 1990	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
EUROPAISCHES PATENTAMT	HERBRETEAU D. 	

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

PCT/DE 89/00781
 SA 33092

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen 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.

10/04/90

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-U-8710866	08-12-88	Keine	
EP-A-0217077	08-04-87	DE-A- 3530189 CA-A- 1260072 JP-A- 62047352 US-A- 4707596	05-03-87 26-09-89 02-03-87 17-11-87
US-A-4774393	27-09-88	JP-A- 62256960	09-11-87
US-A-4752669	21-06-88	AU-A- 1180188 EP-A- 0343174 WO-A- 8804591	15-07-88 29-11-89 30-06-88

EPO FORM P0473

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