



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 667 556 A5

⑤① Int. Cl.<sup>4</sup>: H 01 S 3/03  
H 01 S 3/04

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 6085/84

㉔ Anmeldungsdatum: 20.12.1984

㉓ Priorität(en): 29.12.1983 US 566793

㉔ Patent erteilt: 14.10.1988

㉔ Patentschrift  
veröffentlicht: 14.10.1988

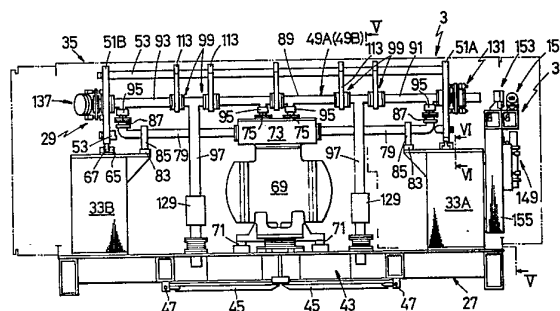
㉓ Inhaber:  
Amada Engineering & Service Co., Inc., La  
Mirada/CA (US)

㉔ Erfinder:  
Osada, Hidenori, Hacienda Heights/CA (US)  
Koseki, Ryoji, Redondo Beach/CA (US)

㉔ Vertreter:  
Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich

⑤④ **Hochgeschwindigkeits Gaslaser-Oszillator.**

⑤⑦ Der Gaslaser-Oszillator umfasst Laser-Rohre (49A, 49B), die mittels Spiegeln in Reihe angeordnet sind. Auf einem Unterbau (27) befindet sich ein Hauptwärmetauscher (69) und darüber sind Rückführrohre (97) zu den Laser-Rohren (49A, 49B). Die Rückführrohre (97) sind gleich lang und parallel zueinander angeordnet. Damit kann der Gasfluss in jedem Laser-Rohr (49A, 49B) konstant gehalten werden und die Temperaturerhöhung des Laser-Gases kann ebenfalls konstant gehalten werden. Durch Katalysatoren in den Rückführleitungen (97) werden elektrische Entladungen an diesen Stellen vermieden, wodurch infolge Vermeidung unnützer Erwärmung Energie eingespart werden kann.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Gaslaser-Oszillator mit axialem Gasfluss hoher Geschwindigkeit, gekennzeichnet durch einen Hauptwärmetauscher (43) zur Kühlung von Laser-Gas, einem Zirkulationssystem (69) das oben auf dem Hauptwärmetauscher (43) montiert und mit diesem verbunden ist, eine Anzahl Laser-Rohre (49A, 49B), die parallel zueinander über dem Zirkulationssystem (69) angeordnet und damit verbunden sind, und eine Anzahl Gas-Rückführleitungen (97) zur Verbindung der genannten Laser-Rohre (49A, 49B) mit dem genannten Hauptwärmetauscher (43).

2. Gaslaser-Oszillator nach Patentanspruch 1, gekennzeichnet durch einen Katalysator in den Rückführleitungen (97) zum neutralisieren des ionisierten Gases aus den Laser-Rohren (49A, 49B).

3. Gaslaser-Oszillator nach Patentanspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Längen der Gas-Rückführleitungen (97) wenigstens angenähert gleich sind.

4. Gaslaser-Oszillator nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass alle Laser-Rohre (49A, 49B) mit demselben Hauptwärmetauscher (43) verbunden sind, und dass Verbindungen (95) aus flexiblem Material wenigstens zwischen den Verbindungsrohren (75, 87) und dem Zirkulationssystem (69) sowie den Laser-Rohren (49A, 49B) angeordnet sind.

5. Gaslaser-Oszillator nach Patentanspruch 1, gekennzeichnet durch einen Halter (33A, 33B, 51A, 51B, 57, 59, 61) für Laser-Rohre (49A, 49B) zur begrenzten freien Bewegung infolge von Expansion und Kontraktion dieses Halters und anderer Teile aufgrund von Wärmeänderungen.

6. Gaslaser-Oszillator nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden in Ringen um die Laser-Rohre angeordnet sind, und dass ein Paar Elektrodenhalter durch die Laser-Rohre getragen werden, um die Elektroden dazwischen festzuklemmen (Fig. 8).

## BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft einen Hochgeschwindigkeits Gaslaser-Oszillator gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs 1.

In einem Gaslaser-Oszillator tritt der Laser-Verstärkungseffekt in einem Laser-Rohr auf, wo ein Plasma erzeugt wird. Es ist bekannt, dass eine Vergrösserung der Länge des Laser-Rohres eine Vergrösserung der Ausgangsintensität bewirkt, weil damit das Volumen für das Plasma vergrössert wird. Demzufolge sollte zur Vergrösserung des Laser-Ausgangs das Laser-Rohr eines Gaslaser-Oszillators in seiner Länge vergrössert werden. Jedoch führt die Vergrösserung der Länge des Laser-Rohres sowohl zu technologischen Problemen als auch zu Problemen bezüglich des benötigten Raumes. Deshalb werden im allgemeinen mehrere Laser-Rohre parallel zueinander angeordnet und reflektierende Spiegel sind an den Verbindungsstellen zwischen den Rohren angeordnet, um dadurch die Wirkungslänge des Laserschwingung vergrössert. Demzufolge wird im allgemeinen das Laser-Rohr gekühlt oder dann wird das Laser-Gas in einem Wärmeaustauscher gekühlt und dann in das Laser-Rohr mit hoher Geschwindigkeit injiziert. Das Laser-Gas, das durch die elektrische Entladung erwärmt wird, wird unmittelbar zum Wärmeaustauscher zurückgeführt, wo es dann wieder gekühlt wird. Um den Wirkungsgrad in einem Gaslaser-Oszillator zu vergrössern, ist es auch notwendig den elektrischen Wirkungsgrad für die elektrische Leistung für die Injektion zu verbessern.

Herkömmliche Gaslaser-Oszillatoren, bei denen das Gas mit hoher Geschwindigkeit axial fliesst, haben einen Kühler oder einen Wärmeaustauscher um das Laser-Gas im Laser-Rohr zu kühlen und ein Gebläse um das Gas mit hoher Geschwindigkeit in das Rohr zu injizieren und dann das Gas aus dem Laser-Rohr zum Wärmeaustauscher zu führen. Die Längen des Rückführungsweges vom Laser-Rohr zum Wärmeaustauscher oder Kühler sind in den bekannten Gaslaser-Oszillatoren nicht konstant. Das heisst, dass die Widerstände bezüglich des Gasflusses in den verschiedenen Rückführpfaden nicht gleich sind, was zu Ungleichheiten in den Durchflussmengen führt und daher zu Ungleichheiten in der Wärme des Laser-Gases in den verschiedenen Laser-Rohren.

Das heisst, dass in den Rohren die ein Laser-Gas erhalten, das mit einer tieferen Geschwindigkeit fliesst als das Gas das in andere Rohre fliesst, die Temperatur höher ist, wodurch die Gesamtinversion reduziert wird und deshalb wird der Laser-Ausgang verringert, was seinerseits zu einer Beeinflussung des Modus des Laserstrahles führt. Die Folge der unterschiedlichen Fliessgeschwindigkeiten des Laser-Gases beim Eintreten in die verschiedenen Laser-Rohre, ist ein Grund des niedrigen Ausganges und Fluktuationen bezüglich des Ausganges aus dem gesamten Gaslaser-Oszillator.

Dazu ist das Gas, das aus den Laser-Rohren eines Gaslaser-Oszillators zum Wärmeaustauscher zurückgeführt wird, eine Art Plasma, weil das Gas durch elektrische Entladungen innerhalb des Laser-Rohres ionisiert wurde. Dies heisst einerseits, dass das Gas elektrisch leitend wird, so dass unnütze elektrische Entladungen, die zum Aufpumpen des Laser-Gases nicht beitragen, zwischen dem Wärmeaustauscher und den Kathoden der Laser-Rohre auftreten, die einen grossen Verlust an elektrischer Energie, die für die Injektion benützt wird, bedeutet. Diese elektrischen Entladungen heizen das Laser-Gas weiter auf und geben eine zusätzliche Belastung des Wärmeaustauschers oder des Kühlers.

In herkömmlichen Gaslaser-Oszillatoren besteht ein lästiges Problem beim Entfernen und Ersetzen von Elektroden. Für die Stabilität der elektrischen Entladungen und für gute Bedingungen des Flusses des Laser-Gases innerhalb der Laser-Rohre ist es notwendig, dass die Elektroden ringförmig ausgebildet sind. Um den Übergangswiderstand zwischen den Elektroden und den Elektrodenhaltern zu verringern, sind die Elektroden auf den Elektrodenhaltern aufgeschraubt, die mit den Laser-Rohren gekoppelt sind. Weil damit jeder Elektrodenhalter vom Laser-Rohr zu entfernen ist, um die Elektrode zu ersetzen, entsteht das Problem, dass das Laser-Rohr in axialer Richtung verschoben werden muss.

Weil die bekannten Gaslaser-Oszillatoren die Trägerplatten, die die Laser-Rohre halten an der Basis befestigt sind, ergibt sich das Problem, dass es schwierig ist die Wärmedeformation der Trägerplatten und umgebenden Partien zu kompensieren.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, einen Hochgeschwindigkeitsaxialfluss-Gaslaser-Oszillator zu schaffen, bei dem unerwünschte Temperaturerhöhungen vermieden werden.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Massnahmen gelöst.

Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind in weiteren Ansprüchen angegeben, um beispielsweise die Fliessgeschwindigkeit des Laser-Gases innerhalb der Laser-Rohre wenigstens angenähert gleich gross zu halten, oder um wenigstens angenähert gleich grosse Rückführwege aus den Laser-Rohren zum Wärmeaustauscher oder Kühler zu bilden, auch wenn die Anzahl der Rohre vergrössert oder verkleinert wird; oder um vorzusehen, dass die elektrischen Entladungen zwischen den Elektroden der Laser-Rohre und dem Wärmeaustauscher unterdrückt werden, um die für die Injektion benötigte elektrische Energie zu verkleinern und um zusätzliche Erwärmung des Laser-Gases zu unterdrücken, derart, dass die Belastung des Wär-

meaustauschers oder Kühlers vermindert wird; oder um das Entfernen und Ersetzen von Elektroden in den Laser-Rohren leicht und ohne Verschiebung der Rohre in axialer Richtung vornehmen zu können; oder damit auch die Vibration des Gebläses, das zur Zirkulation des Laser-Gases notwendig ist, nicht auf die Laser-Rohre übertragen werden, oder um thermische Deformationen bei den Verbindungen zwischen dem Gebläse und den Laser-Rohren kompensierbar zu machen; oder um die Trägerplatten, die beide Enden der Laser-Rohre tragen, leicht beweglich gestalten zu können, um Expansionen und Kontraktionen der Haltestäbe, die an jeder Trägerplatte befestigt sind, zu kompensieren.

Anhand der Zeichnung werden nachfolgend Ausführungsbeispiele der Erfindung erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen Aufriss einer Laser-Werkzeugmaschine mit einem Laser-Oszillator gemäss der Erfindung,

Fig. 2 eine Frontansicht eines Laser-Oszillators gemäss der Erfindung,

Fig. 3 eine Draufsicht auf den Laser-Oszillator gemäss Figur 2,

Fig. 4 einen Seitenriss von der rechten Seite in Figur 2,

Fig. 5 eine Querschnittsansicht gemäss der Schnittstelle V-V in Figur 2,

Fig. 6 eine Querschnittsansicht gemäss der Schnittlinie VI-VI in Figur 2 in vergrössertem Massstab,

Fig. 7 eine Querschnittsansicht gemäss der Schnittlinie VII-VII in Figur 3 in vergrössertem Massstab, und

Fig. 8 eine Querschnittsansicht gemäss der Schnittlinie VIII-VIII in Figur 3 in vergrössertem Massstab.

In Figur 1 bedeutet die Referenzzahl 1 eine herkömmliche Laser-Werkzeugmaschine mit einem Laser-Oszillator 3. Dieser Laser-Oszillator 3 erzeugt einen Laser-Strahl LB in Richtung gegen die Laser-Werkzeugmaschine 1 und befindet sich hinten auf der Laser-Werkzeugmaschine 1. Auch in Figur 1 befindet sich der Laser-Oszillator 3 auf der Laser-Werkzeugmaschine 1, aber der Laser-Oszillator 3 wird nicht nur in Verbindung mit der Laser-Werkzeugmaschine benützt, sondern kann auch für andere Zwecke verwendet werden.

Die Laser-Werkzeugmaschine 1 umfasst ein Bett 5, einen vertikalen Träger 7, der senkrecht auf dem Bett 5 steht, und einen oberen Träger 9, der sich über und parallel zum Bett 5 erstreckt und am einen Ende, in freitragender Weise durch den Träger 7 gehalten ist. Auf dem Bett 5 befindet sich ein Werkstück 11 mit einer grossen Anzahl von Gleitkugeln, die rotierbar angeordnet sind, um ein Werkstück W, das zu bearbeiten ist, in horizontaler Lage zu unterstützen. Ein Bearbeitungskopf 13 befindet sich am freien Ende des obengenannten Querträgers 9, eine Spiegelanordnung 15 und eine Lichtfokussierlinse 17 sind in diesem Bearbeitungskopf 13 untergebracht. Das obengenannte Spiegelsystem 15 reflektiert den Laserstrahl LB, der durch den Laser-Oszillator 3 erzeugt wurde, gegen das Werkstück W. Die Lichtfokussierlinse 17 konzentriert das Licht des Laserstrahles LB und ist derart angeordnet, dass der Laserstrahl LB zusammen mit Sauerstoffgas gegen das Werkstück W gerichtet wird. Damit erhält die Laser-Werkzeugmaschine 1, die gemäss dieser Beschreibung konstruiert ist, den Laserstrahl LB aus dem Laser-Oszillator 3 und ist so ausgebildet, dass der Laserstrahl LB durch eine Lichtfokussierlinse 17 innerhalb des Bearbeitungskopfes 13 gegen das Werkstück W geführt wird.

Um das Werkstück W, das zu bearbeiten ist, zu bewegen und es in eine richtige Position zu bringen, ist die Laser-Werkzeugmaschine 1 mit einem ersten Schlitten 19 ausgerüstet, der frei horizontal beweglich ist und zudem einen zweiten Schlitten 21 aufweist, der mit einer Anzahl Klemmmitteln 23 versehen ist, um das Werkzeug W zu halten. Der erste Schlitten 19 ist derart ausgebildet, dass er auf einem Paar Schienen 25, die parallel zueinander auf der Oberseite des Bettes 5 angeordnet sind, frei beweglich ist und frei gegen das Gebiet, wo die Bearbeitung

stattfindet und von diesem weg direkt unter dem Bearbeitungskopf 13 durch einen Antrieb bewegt werden kann. Der zweite Schlitten 21 mit den Klemmmitteln 23, ist derart ausgebildet, dass er auf der Oberseite des ersten Schlittens 19 gleiten kann und sich in horizontaler Richtung senkrecht zu den obengenannten Schienen 25 bewegt, wenn er angetrieben wird. Damit wird das Werkstück, das durch die Klemmmittel 23 gehalten wird, mittels des ersten Schlittens 19 und des zweiten Schlittens 21 über den Werkstück 11 zu einer Stelle direkt unter dem Bearbeitungskopf 13 bewegt.

In der beschriebenen Anordnung wird das Werkstück W, indem es direkt unter dem Bearbeitungskopf 13 auf dem Werkstück 11 durch Bewegung des ersten Schlittens 19 und des zweiten Schlittens 21 bewegt wird, durch den Laserstrahl LB bearbeitet. Selbstverständlich wird der Laserstrahl LB, der mittels des Laser-Oszillators 3 erzeugt wird, zum Bearbeitungskopf 13 geführt und wie der Pfeil anzeigt durch die Spiegelanordnung 15 nach unten gerichtet. Dann nachdem das Licht durch die Lichtfokussierlinse 17 konzentriert wird, wird der Strahl zusammen mit einem Hilfsgas, wie Sauerstoff, zum Werkstück gerichtet.

Gemäss Figuren 2 bis 5 umfasst der obengenannte Laser-Oszillator 3 einen Unterbau 27, der den gesamten Oszillator trägt, einen Laser-Oszillator 29, der sich auf dem genannten Unterbau 27 befindet, und eine Einstelleinheit 31, die verwendet wird um das optische System der obengenannten Werkzeugmaschine 1 und die Spiegelanordnung im Laser-Oszillator 29 einzustellen. Das heisst der genannte Unterbau 27 besteht aus einer Anzahl rechteckiger Rohre in rechteckiger Form, kastenförmige Trägerplatten 33A und 33B, die rechts und links des Unterbaus angeordnet sind und ihrerseits den obengenannten Laser-Oszillator 29 tragen. Die erwähnte Einstelleinheit 31 kann auf der Trägerplattform 33A ausgangsseitig des Laser-Oszillators 29 angeordnet sein.

Wie Figur 5 deutlich zeigt, ist zum Schutz des gesamten Laser-Oszillators ein Schutzdeckel 35, der den gesamten Laser-Oszillatorteil 29, die Abstimmeinheit 31 usw. abdeckt, über dem genannten Unterbau 27 angeordnet. Ein Frontdeckel 35F und ein hinterer Deckel 35R des Schutzdeckels 35 sind an einem oberen Deckel 35U mittels Scharnieren 27 angeordnet, so dass sie geschlossen und geöffnet werden können, um Unterhaltsarbeiten am Laser-Oszillator 29 und an der Einstelleinheit 31 leicht ausführen zu können. Um die Innenseite des Schutzdeckels 35 zu kühlen, sind Hilfswärmeaustauscher 39 mit Ventilatorflügeln an mehreren Stellen des obengenannten Frontdeckels 35F und des Hinterdeckels 35R angeordnet und zudem sind durchsichtige Fenster 41 mit Acrylscheiben an geeigneten Stellen angeordnet. Damit ist die Luft innenseitig des Schutzdeckels 35 immer gekühlt und mittels des Hilfswärmeaustauschers 39 zirkuliert und dazu kann das Innere durch die durchsichtigen Fenster 41 beobachtet werden.

Wie Figur 2 zeigt, ist zum Kühlen des Laser-Gases, das aus einer Mischung von He, N<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> besteht und das aus dem obengenannten Laser-Oszillator 29 abgeführt ist, ein relativ grosser Hauptwärmetauscher 43 in der zentralen Partie des obengenannten Unterbaus 27 angeordnet. Dieser Hauptwärmetauscher 43 hat gebogene Rohre durch die Kühlmittel, wie Kühlwasser fliesst und weist eine grosse Anzahl von Kühlblechen auf. Um die obengenannten Wärmeaustauscher 43 leicht unterhalten zu können, ist eine Basisplatte 45 im Hauptwärmetauscher 43 am Unterbau 27 mittels eines Drehstiftes 47 befestigt, derart, dass dieser nach unten geöffnet und geschlossen werden kann. Damit ist Unterhalt und Beobachtung des Hauptwärmetauschers 43 leicht durchzuführen.

Der oben beschriebene Laser-Oszillator 29 besteht aus mehreren Laser-Röhren 49A und 49B in paralleler Anordnung, wo das Anregungslicht in Resonanz schwingt und verstärkt wird. Die Laser-Rohre 49A und 49B erstrecken sich links und rechts

nach aussen und deren Enden sind durch vertikale Trägerplatten 51A und 51B gehalten, die ihrerseits durch die obengenannten Trägerplatten 33A und 33B gehalten sind. Die obengenannten Trägerplatten 51A und 51B erstrecken sich nach vorne und hinten und stehen senkrecht zur Richtung der Laser-Röhren 49A und 49B und die Trägerplatten 51A und 51B sind mittels einer Anzahl Zugstangen 53, die sich über und unter den Trägerplatten 51A und 51B befinden, zu einer Einheit verbunden.

Um thermische Deformationen der Trägerplatten 51A und 51B der Zugstäbe 53 usw. ausgleichen zu können, die durch Temperaturänderungen innerhalb des obengenannten Schutzdeckels 35 entstehen, sind die Trägerplatten 51A und 51B derart montiert, dass sie bezüglich der Trägerplatten 33A und 33B sich leicht bewegen können. Wie am besten aus Figur 6 ersichtlich ist, ist die Trägerplatte 51A nahe bei einem ihrer Enden mit einer nach unten ragenden Einstellschraube 55, die mit der Trägerplatte 33A über einen sphärischen Sitz 57 verbunden ist, wodurch die Einstellschraube leicht kippen kann, verbunden. Nahe beim andern Ende der Trägerplatte 51A ist diese mittels einer Führung 59 und einem Gleitblock 61 verbunden, so dass die thermische Ausdehnung der Trägerplatte 51A in einer Richtung ausgeglichen werden kann. Schliesslich befindet sich in der Mitte der Trägerplatte 51A eine dünne flexible Bolzenschraube 63. Die andere Trägerplatte 51B ist mit der Trägerplatte 33B mittels einer Festführung 65 und einem Gleitblock 67 verbunden, wie Figur 2 zeigt, so dass die Trägerplatte 51B auf der Trägerplatte 33B nach links gleiten kann.

Bei der oben beschriebenen Anordnung geschieht folgendes: Wenn die Zugstangen 53 thermisch in ihrer Längsrichtung deformiert werden, kann die Trägerplatte 51B diese Bewegung aufnehmen, indem sie sich leicht in derselben Richtung bewegt, während die thermische Deformation der Trägerplatte 51A in Längsrichtung sowie geringe Rotationen der gesamten Einheit durch eine Bewegung entlang der sphärischen Schwenkfläche 57 und der Führung 59 aufgenommen werden. Damit bleiben die Trägerplatten 51A und 51B, mit denen beide Enden der Laser-Röhren 49A und 49B gestützt werden, in ihrer genauen Lage ohne grosse Änderungen die durch thermische Deformation bewirkt sind.

Gemäss Figuren 2 bis 5 sind die Laser-Röhren 49A und 49B für die Zufuhr von Gas in der Innenseite mit einem Gaszirkulationstreibsystem 69 verbunden und um das Laser-Gas, das durch elektrische Entladungen innerhalb der Laser-Röhren 49A und 49B aufgewärmt ist zu kühlen, sind die Laser-Röhren 49A und 49B mit dem obengenannten Hauptwärmetauscher 43 verbunden. Damit erhält das Gaszirkulationstreibsystem 69 Laser-Gas das im Hauptwärmetauscher 43 gekühlt ist und leitet dieses den Laser-Röhren 49A und 49B zu. Z.B. kann die Gasbewegung mittels eines Rootsgebläses durchgeführt werden. Der Antrieb 69 wird oben aus dem Hauptwärmetauscher 43 mittels einer Anzahl Vibrationsdämpfer 71 gehalten.

An der oberen Partie der obengenannten Gaszirkulations-einheit 69 befindet sich ein Hilfswärmetauscher 73 um die Wärme zu entfernen, die durch die Gaszirkulationsvorrichtung 69 erzeugt wird und um die geeignete Kühlung des Laser-Gases das den Laser-Röhren 49A und 49B zugeführt wird, sicherzustellen. Der Hilfswärmetauscher 73 kann beispielsweise ein Wärmetauscher sein, bei dem Kühlwasser verwendet wird und in diesem Falle hätte er die Form eines Kastens. Mehrere Verbindungsrohre 75 sind vertikal auf der Oberfläche angeordnet und zusätzliche Löcher sind durch kreisförmige Deckel 77 zugedeckt, die zur Aufnahme zusätzlicher Laser-Röhren dienen. Die Basen der Verbindungsrohre 79 sind horizontal an beiden Seitenflächen des Hilfswärmetauschers 73 verbunden und dort befinden sich zusätzliche Löcher, die mittels Deckel 81 verdeckt sind, so dass zusätzliche Laser-Röhre aufgenommen werden können. Die anderen Enden der obengenannten Verbindungsrohre 79 erstrecken sich bis nahe an die beiden Enden der

Laser-Röhre 49A und 49B, wo sie mittels Vibrationsabsorber 83 mittels Träger 85 gehalten sind, die auf den genannten Tragstützen 33A und 33B befestigt sind. Damit werden die Vibrationen der Gaszirkulationseinrichtung 69 nicht auf den Unterbau 27 oder auf Trägerplatten 33A und 33B übertragen.

Um das Laser-Gas, das aus der obengenannten Gaszirkulationsvorrichtung 69 entnommen wird und den Laser-Röhren 49A und 49B zugeführt wird, sind die obengenannten Verbindungsrohre 75 mit den Laser-Röhren 49A und 49B nahe an deren Zentren verbunden. Die Enden der Verbindungsrohre 79 sind an beiden Enden der Laser-Röhre 49A und 49B über vertikal befestigte Verbindungsrohre 87 verbunden. Im Detail gesagt sind die Laser-Röhre 49A und 49B in drei Teile unterteilbar, ein Mittelrohr 89 und Endrohre 91 und 93. Die Verbindungsrohre 75 sind mit den Zentralrohren 89 verbunden und die Verbindungsrohre 79 sind mit den Endrohren 91 und 93 über Verbindungen 95 verbunden, die aus kreisförmigen Stücken aus flexiblen Silikonkautschuk bestehen, verbunden. Dadurch werden Vibrationen der Gaszirkulationsvorrichtung 69 nicht auf die Laser-Röhre 49A und 49B übertragen und geringe Verschiebungen in jeder Richtung, bezüglich der gegenseitigen Lage der Verbindungsrohre 75 und 87 und der Laser-Röhre 49A und 49B werden durch die flexiblen Verbindungen aufgenommen.

Um elektrische Entladungen in den Laser-Röhren 49A und 49B zu erzeugen, sind Paare von positiven und negativen Elektroden an mehreren Stellen in den Laser-Röhren 49A und 49B angeordnet. Um das Laser-Gas, das durch die elektrischen Entladungen in den Laser-Röhren 49A und 49B erwärmt wurde, zu kühlen, sind die Laser-Röhre 49A und 49B mit dem obengenannten Wärmetauscher 43 verbunden. Damit sind in den obengenannten Verbindungen 95 Anoden eingebettet, wie weiter unten erläutert wird. Zwischen den Mittelrohren 89 und den Endrohren 91 und 93 der Laser-Röhre 49A und 49B, befinden sich Gasrückführleitungen 97 von denen die oberen Enden P-förmig ausgebildet sind und die unteren Enden sind mit dem Hauptwärmetauscher 43 über Balge verbunden, die mit den mittleren Rohren 89 und den Endrohren 91 und 93 über Elektrodenanordnungen 99 verbunden sind. Damit fliesst das Laser-Gas, das aus der Gaszirkulationsvorrichtung 69 über den Hilfswärmetauscher 73 zu den Laser-Röhren 49A und 49B fliesst, zurück zum Hauptwärmetauscher 43 über den Rückflussweg 97 und nachdem es im Hauptwärmetauscher 43 gekühlt ist, über die Gaszirkulationsvorrichtung 69 zum Hilfswärmetauscher 73 und dann zurück zu den Laser-Röhren 49A und 49B.

Gemäss Figur 7 sind die Enden der Endrohre 91 der Laser-Röhre 49A und 49B durch die Trägerplatte 51A über zylindrische Endhalter 101 gehalten. Nahe der Enden befinden sich zylindrische Ausbuchtungen 91P die nach unten vorstehen. Die obengenannten Verbindungen 95 sind mit diesen Ausbuchtungen 91P gekoppelt. Zylindrische Anodenhalter 105, die nadel-förmige Anoden 103 enthalten, sind in das Innere dieser Ausbuchtungen 91P eingesetzt. Elektrisch isolierende Schutzrohre 107, die die Anoden 103 umgeben, sind in die Anodenhalter 105 eingeschraubt. Die oberen Enden der Anoden 103 stehen bis zu den oberen Enden der Schutzrohre 107 vor.

Über den oberen Enden der Verbindungsrohre 87, die in die Verbindungen 95 von unten eingesetzt sind, befinden sich ringförmige Federscheiben 109, derart, dass die Federscheiben von den gegenseitigen Enden durch die Ausbuchtungen 91P und die Verbindungsrohre 87 innerhalb der Verbindungen 95 komprimiert werden. Elektrische Leitungswickel 111 sind federnd zwischen diesen Federscheiben 109 und den Anodenhaltern 105 eingesetzt.

Die oben beschriebene Anordnung erlaubt eine relative Verschiebung zwischen den Endrohren 91 und den Verbindungsrohren 87 und verhindern eine Übertragung der Vibration der Gaszirkulationsvorrichtung 69 auf die Laser-Röhre 49A und 49B.

Die Endrohre 93 der Laser-Rohre 49A und 49B sind durch die Trägerplatte 51B in gleicher Weise getragen, wie die Endrohre 91. Weil die Struktur der Verbindungen 95 gleich ist wie die oben beschriebene Struktur, kann eine detaillierte Erläuterung unterbleiben.

Wie aus Figuren 2 bis 5 deutlich wird, sind die obengenannten Kathodenanordnungen 99 durch Haltespalten 113 gehalten, die ihrerseits durch die Zugstangen 53, die die linke und rechte Trägerplatte 51A und 51B zusammenhalten, getragen. Eine Anzahl Traglöcher 113H in den Halteplatten 113 dienen zur Aufnahme einer grösseren Anzahl Laser-Rohre und die minimale Anzahl von Kathodenanordnungen 99 sind in die Traglöcher 113H eingesetzt.

Wie Figur 8 zeigt sind die Kathodenanordnungen 99 derart aufgebaut, dass die ringförmigen Kathoden 115 sehr leicht entfernt und ersetzt werden können. Das heisst, beidseits von jeder Kathode 115 befinden sich zwei Halterringe, von denen ein erster Halterring 117, in den das Endrohr 91 der Laser-Röhren 49A und 49B eingesetzt ist und einen zweiten Halterring 119, in den das obere Ende des Gasrückführweges 97 eingesetzt ist. Die Kathode 115 und beide Halterringe 117 und 119 sind mittels einer Anzahl Bolzenschrauben 121 zusammengeschraubt, um dadurch den Übergangswiderstand zu vermindern. Dichtungsringe 125, in die O-Ringe 123 eingesetzt sind, sind beidseits bei der Halterringe 117 und 119 mittels Schrauben 127 angeschraubt. Damit kann das Entfernen und Ersetzen von Kathoden 115 leicht durch Entfernung der Schrauben 127 und 121 durchgeführt werden.

Wie schon erläutert wurde, befinden sich innerhalb der Laser-Rohre 49A und 49B mehrere Stellen, wo elektrische Entladungen durch Paare von Anoden 103 und Kathoden 115 erzeugt werden. Das Laser-Glas, das durch diese elektrischen Entladungen innerhalb der Laser-Rohre 49A und 49B aufgewärmt wird, wird durch die obengenannten Gasrückführwege 97 zum Hauptwärmetauscher 43 zurückgeführt. Die Längen der Gasrückführleitungen 97 sind wenigstens angenähert untereinander gleich, so dass die Durchflussmenge an Laser-Gas in den Laser-Röhren 49A und 49B in etwa die gleiche bleibt, auch wenn die Anzahl Laser-Rohre vergrössert wird. Um das Laser-Gas, das durch die elektrischen Entladungen innerhalb der Laser-Rohre 49A und 49B ionisiert wurde zu neutralisieren, wurde ein geeignetes Kontaktmittel in den Rückführweg 97 eingesetzt. Das heisst in jedem Rückführweg 97 befindet sich eine ausgeweitete Stelle 129 und innerhalb dieser ausgeweiteten Stelle 129 befindet sich ein bienenwabenhörmiger aktivierter Aluminiumkatalysator, der beispielsweise Platin enthalten kann.

In der beschriebenen Anordnung wird der Katalysator in jeder Gasrückführleitung 97 mittels des Laser-Gases aufgewärmt, wodurch die Wirkung des Katalysators vergrössert wird. Das Laser-Gas, das durch die erweiterten Stellen der Gasrückführleitungen 97 mit dem Katalysator fließt, wird durch die Wirkung des Katalysators neutralisiert und fließt dann zurück zum Hauptwärmetauscher 43 als neutrales Gas. Daher werden schädliche elektrische Entladungen, die andererseits zwischen den Kathoden 115 und dem Hauptwärmetauscher 43 entstehen, unterdrückt, wodurch der gesamte Wirkungsgrad des Oszillators vergrössert wird.

Um eine Resonanz und eine Verstärkung des Lichtes, das durch elektrische Entladungen innerhalb der genannten Laser-Röhren 49A und 49B erzeugt wird, zu bilden, ist eine Ausgangsspiegelanordnung 131 und eine hintere Spiegelanordnung 135 so angeordnet, dass die Ausgangsspiegelanordnung 131 mit einem Ausgangsspiegel sich am einen Ende des Laser-Rohres 49A befindet, während sich die hintere Spiegelanordnung 135 mit einem geeigneten Ausgangedetektor 133 und einem reflektierten Spiegel auf derselben Seite des Laser-Rohres 49B befindet. An den anderen Enden der Laser-Rohre 49A und 49B sind gegenseitig gebogene Spiegelanordnungen 137 vorhanden, die

den Erregungslichtpfad um 90° biegen. Die Ausgangsspiegelanordnung 131 und die hintere Spiegelanordnung 135 sind auf der Trägerplatte 51B mittels Bälgen befestigt, so dass deren Ausrichtung frei einstellbar ist, während jede Biegespiegelanordnung 137 auf der Trägerplatte 51B mittels Bälgen befestigt ist, so dass deren Ausrichtung ebenfalls frei eingestellt werden kann und die beiden Biegespiegelanordnungen sind untereinander durch Bälge verbunden.

In Figur 7 ist zur Einstellung der Ausrichtung der Ausgangsspiegelanordnung 131 ein geeigneter Flansch 131F auf der Spiegelanordnung 131 angeordnet. Es sind eine Anzahl Einstellschrauben 139 in diesen Flansch 131F eingeschraubt und auch eine Anzahl Einstellschrauben 141 sind in die Trägerplatte 51A eingeschraubt und Spannfedern 143 sind zwischen jedes Paar Einstellschrauben eingesetzt. Mikrometer 145 sind an mehreren Stellen des oben beschriebenen Flansches 131 angeordnet und die Spindel 145F jedes Mikrometers 145 stützt sich gegen einen Block 147 ab, der mit der Trägerplatte 51A verbunden ist.

Indem jede Ausgangsspiegelanordnung 131 immer gegen eine Trägerplatte 51A mittels der Spannfedern 143 vorgespannt ist und weil jede Spindel 145F jedes Mikrometers 145 gegen einen Block 147 anstösst, kann durch Einstellung jedes Mikrometers 145 auf eine bestimmte Stellung die Ausrichtung der Ausgangsspiegelanordnungen 131 eingestellt werden und Feineinstellung des Winkels des innen angeordneten Spiegels ist ebenfalls möglich.

Die oben beschriebene hintere Spiegelanordnung 135 und die Biegespiegelanordnung 137 sind auf den Trägerplatten 51A und 51B mit ähnlichen Anordnungen wie diejenige der Ausgangsspiegelanordnung 131 montiert. Die Montagestellen sind auswechselbar, so dass bei grösserer Anzahl von Laser-Röhren die Stellen wo die Spiegelanordnungen montiert sind frei auswechselbar sind um die vergrösserte Anzahl von Laser-Röhren auszurichten.

In Figuren 2 bis 4 bestehen die obengenannten Befestigungssektionen 31 aus einem Helium-Neon-Laser-Oszillator 149, einem Prisma 151, einem Strahldämpfer 153 usw. Der Helium-Neon-Laser-Oszillator 149 wird zur Einstellung der Spiegel in der obengenannten Ausgangsspiegelanordnung 131, der hinteren Spiegelanordnung 135 und der Biegespiegelanordnungen 137 im Laser-Oszillator 29 und zur Ausrichtung des optischen Systems in der beschriebenen Laser-Werkzeugmaschine 1 verwendet. Wie aus Figur 2 deutlich hervorgeht, ist der Helium-Neon-Laser-Oszillator 149 vertikal an einem Traghalter 155, der an der Trägerplatte 33A befestigt ist, gehalten. Das Prisma 151 dient zur selektiven Brechung des Laserstrahles aus dem Helium-Neon-Laser-Oszillator gegen jedes Laser-Rohr 49A und 49B in der oben beschriebenen Laser-Oszillatoranordnung 29 oder gegen die Laser-Werkzeugmaschine 1. In diesem speziellen Beispiel ist er beweglich bezüglich des Schnittpunktes des Laserstrahls aus dem Helium-Neon-Laser-Oszillator 149 und dem Laserstrahl LB aus dem Laser-Oszillator 29 angeordnet. Der oben genannte Strahldämpfer 153 kann den Laserstrahl LB aus der Ausgangsspiegelanordnung 131 im Laser-Oszillator 29 blockieren. Er ist bezüglich des Laserstrahls LB zwischen der Ausgangsspiegelanordnung 131 und dem Prisma 151 frei in den Strahl hinein und aus diesem hinaus beweglich.

Aus der obigen Erläuterung sind die Durchflussmengen des Laser-Gases in jedem Laser-Rohre infolge der parallel angeordneten Rückführleitungen aus den verschiedenen Laser-Röhren wenigstens angenähert gleich und der Temperaturanstieg des Laser-Gases in jedem Laser-Rohr kann angenähert gleich gehalten werden. Als Folge davon ergibt sich ein konstanter Laser-ausgang.

Weil in jeder Gasrückführleitung ein Katalysator zur Neutralisierung des Laser-Gases, das durch die elektrischen Entladungen ionisiert wurde, vorhanden ist, ist das Laser-Gas, das in den Hauptwärmetauscher zurückgeführt wird, neutral und

ein hoher Wirkungsgrad bezüglich der zugeführten Leistung ist ohne Verluste infolge elektrischer Entladungen gleichgehalten.

In der beschriebenen Erfindung können die Kathoden sehr leicht entfernt und ersetzt werden und die Trägerplatten und

andere Trägereile, die die Laser-Rohre stützen, können sich leicht bewegen und thermische Expansionen und Kontraktionen zu kompensieren. Überdies werden Vibrationen nicht auf die Laser-Rohre übertragen, so dass eine Genauigkeit beibehalten werden kann.

FIG. 1

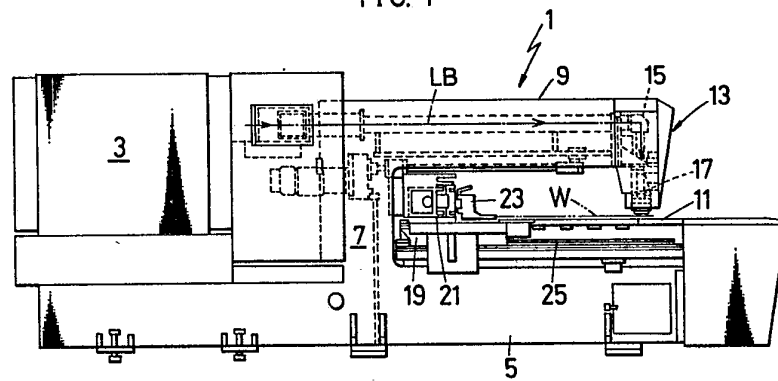
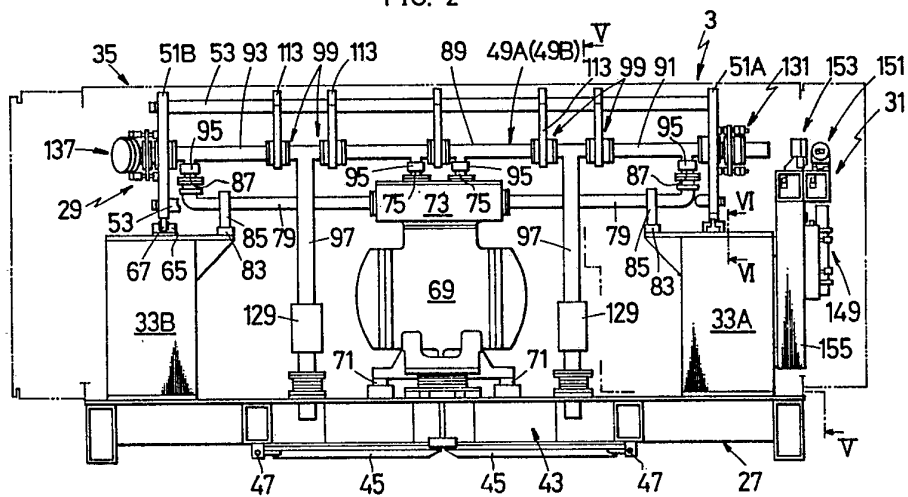


FIG. 2



3

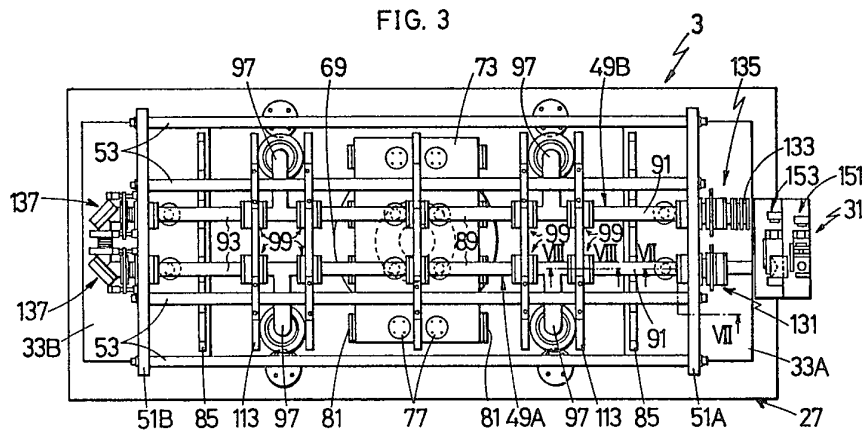


FIG. 4

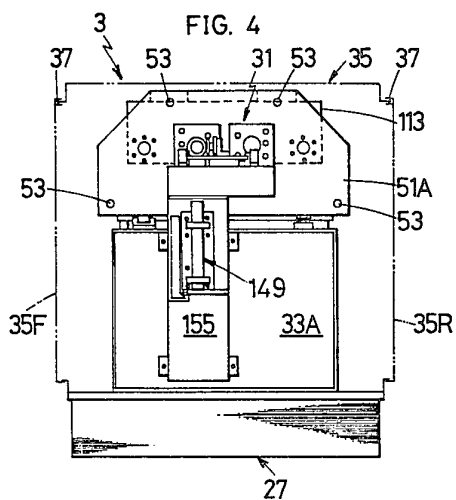


FIG. 5

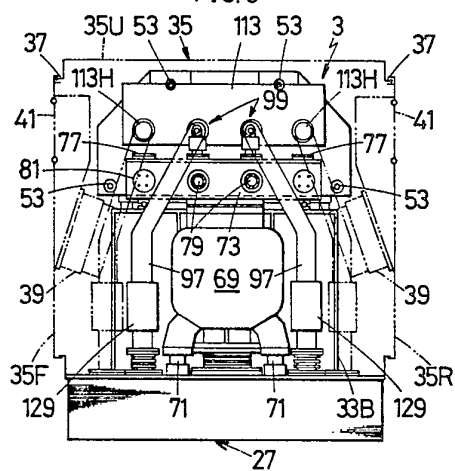


FIG. 6

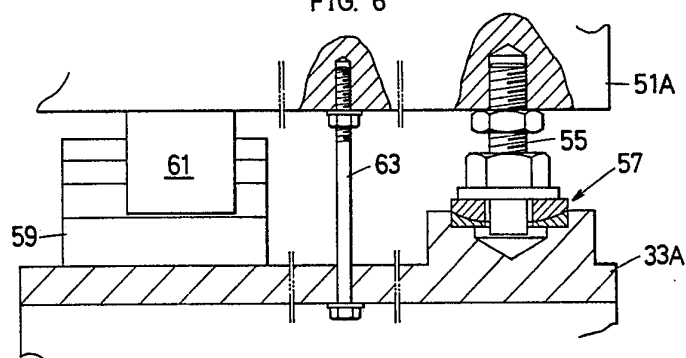


FIG. 8

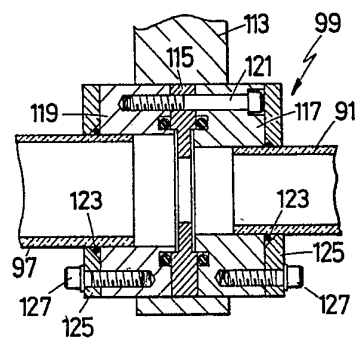


FIG. 7

