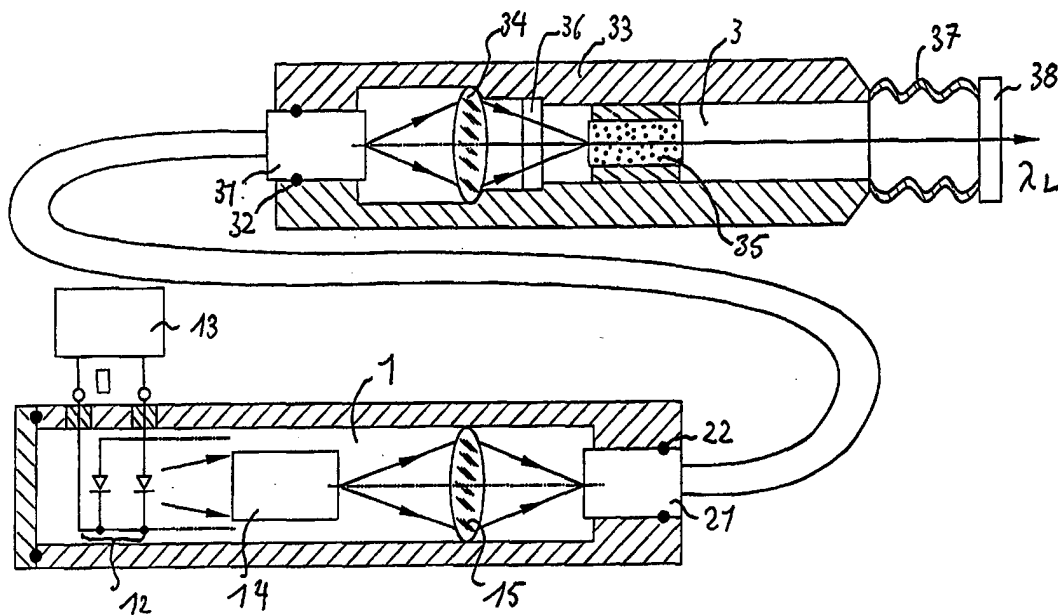


<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : H01S 3/0941</p>	A1	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/56086</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 10. Dezember 1998 (10.12.98)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/01448</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 27. Mai 1998 (27.05.98)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 197 23 269.8 3. Juni 1997 (03.06.97) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): HEIDELBERGER DRUCKMASCHINEN AG [DE/DE]; Kurfürsten-Anlage 52-60, D-69115 Heidelberg (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): JÜRGENSEN, Heinrich [DE/DE]; Dutschfeldredder 22, D-24223 Raisdorf (DE).</p> <p>(74) Gemeinsamer Vertreter: HEIDELBERGER DRUCKMASCHINEN AG; Leufer, Hans, Günter, TPT-R4, Siemenswall, D-24107 Kiel (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, JP, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>	

(54) Title: SOLID LASER WITH ONE OR SEVERAL PUMP LIGHT SOURCES

(54) Bezeichnung: FESTKÖRPERLASER MIT EINER ODER MEHREREN PUMPLICHTQUELLEN



(57) Abstract

The invention relates to a solid laser with one or several pump light sources whose radiation is fed into the laser crystal with a high light density. The inventive laser consists of a laser crystal (35) and an optical resonator (3). Each pump light source (1) consists of several laser diodes (12) and the light from the laser diodes of each pump light source is in-coupled by means of a single optical waveguide (2).

(57) Zusammenfassung

Festkörperlaser mit einer oder mehreren Pumplichtquellen, deren Strahlung in den Laserkristall mit hoher Leuchtdichte eingekoppelt wird, bestehend aus einem Laserkristall (35) und einem optischen Resonator (3), bei dem jede Pumplichtquelle (1) aus mehreren Laserdioden (12) besteht und das Einkoppeln des Lichts der Laserdioden jeder Pumplichtquelle mittels eines einzelnen Lichtwellenleiters (2) vorgenommen wird.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Festkörperlaser mit einer oder mehreren Pumplichtquellen

Die Erfindung betrifft eine Pumpfaser mit hoher Leuchtdichte für Festkörperlaser mit einer oder mehreren Pumplichtquellen.

5

In dem US Patent Nr. 5,127,068 ist eine Anordnung zum Ankoppeln einer Multi-Emitter-Laserdiode an eine Multimode-Lichtleitfaser beschrieben, bei der jeder Emitter über eine Lichtleitfaser das Pumplicht auf den Laserkristall emittiert. Nachteilig ist hierbei, daß infolge des großen Faserbündeldurchmessers nur
10 eine geringe Leuchtdichte auf dem Laserkristall erzielt wird und damit der Wirkungsgrad der Laseranordnung niedrig bleibt. Ein weiterer Nachteil dieser Anordnung ist die aufwendige und komplizierte Ankopplung der einzelnen Lichtwellenleiter an die Emitter. Außerdem ist die Leistungsdichte relativ gering, da sich die Fasern nicht dicht genug packen lassen und jede Faser nur die Lei-
15 stung eines Emitters aufnehmen kann. Die Leistungsdichte liegt etwa bei 1 KW/cm².

In der EP 0 632 551 A1, Figuren 28 und 29 nebst zugehöriger Beschreibung, ist ein Laserverstärkersystem beschrieben, bei dem ein Laserkristall mittels ei-
20 ner Mehrfachspiegelanordnung über ein Faserbündel gepumpt wird. Neben dem oben beschriebenen Nachteil des Faserbündels ist eine Vielspiegelanordnung im Pumpstrahlengang des Lasers erforderlich, die aufwendig und kompliziert zu fertigen ist. Weiterhin ist eine solche Anordnung in der Fertigung schwierig mit ausreichender Sauberkeit herzustellen und im Betrieb vor Ver-
25 schmutzung zu schützen. Dadurch ergibt sich eine geringe Lebensdauer, insbesondere bei hohen Leistungen.

Aufgabe der Erfindung ist es, einfach zu fertigende, kostengünstigere Laseranordnung mit hoher Ausgangsleistung, hohem Wirkungsgrad und langer Lebensdauer herzustellen. Dies wird durch die im kennzeichnender Teil des An-
30 spruchs aufgezeigten Merkmale erreicht. Vorteilhafte Weiterbildungen der Er-

findung sind in den Unteransprüchen 2 bis 19 angegeben. Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren 1 bis 10 näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schnittdarstellung eines Festkörperlasers, der über eine Lichtleitfaser von einer Pumpquelle aus einem Array von mehreren Laserdioden gepumpt wird,

5

Fig. 2a einen Querschnitt durch eine Faser die für das Pumplicht verwendet wird,

10

Fig. 2b einen Querschnitt durch eine andere Ausführungsform einer Faser für das Pumplicht,

Fig. 3 eine Anordnung zur Erhöhung der Pumpleistung, bei der zwei Pumplichtquellen verschiedener Wellenlänge zusammengeführt werden,

15

Fig 4 eine weitere Anordnung zur Erhöhung der Pumpleistung, bei der zwei Pumplichtquellen in eine Einzelfaser eingespeist werden,

Fig 5 eine weitere Anordnung zur Erhöhung der Pumpleistung, bei der zwei Pumplichtquellen unterschiedlicher Polarisierung zusammengeführt werden,

20

Fig. 6a und 6b weitere Anordnungen zur Erhöhung der Pumpleistung, bei denen eine zirkulare Anordnung mehrerer Pumplichtquellen zur Anwendung kommt,

25

Fig. 7 eine Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsform eines Laserresonators, bei dem zwei Pumplichtquellen das Pumplicht direkt in den Resonatorraum einkoppeln,

30

Fig. 8 eine Ausführungsform einer Abdichtung der Pumplichtquellen, bei der eine Linse die Abdichtung zum Laserresonator übernimmt,

5 Fig. 9 eine Ausführungsform eines Laserresonators mit rohrförmigem Gehäuse und einem scheibenförmigen verspiegelten Laserkristall und

Fig. 10 eine Ausführungsform eines Laserresonators mit rohrförmigem Gehäuse und einem stabförmigen verspiegelten Laserkristall.

10 Fig. 7 eine Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsform eines Laserresonators, bei dem zwei Pumplichtquellen das Pumplicht direkt in den Resonatorraum einkoppeln,

15 Fig. 8 eine Ausführungsform einer Abdichtung der Pumplichtquellen, bei der eine Linse die Abdichtung zum Laserresonator übernimmt,

Fig. 9 eine weitere Ausführungsform eines Laserresonators mit rohrförmigem Gehäuse und einem scheibenförmigen verspiegelten Laserkristall und

20 Fig. 10 eine weitere Ausführungsform eines Laserresonators mit rohrförmigem Gehäuse und einem stabförmigen verspiegelten Laserkristall.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem eine Laserdiodeneinheit (1), die als Pumplichtquelle dient, einen Lichtwellenleiter (2), der hier als Einzelfaser dargestellt ist, mit einem Laserresonator (3) verbunden ist. Die Laserdiodeneinheit (1) ist in einem hermetisch dichten Gehäuse (11) untergebracht, wobei das eine Ende des Lichtwellenleiters (2) mittels einer lösbaren Steckverbindungen (21) die eine Dichtungen (22) aufweist, an die Laserdiodeneinheit (1) angeschlossen ist. Das andere Ende des Lichtwellenleiters (2) ist mit dem Laserresonator (3) ebenfalls über eine lösbare Steckverbindung (31), die eine Dichtung (32) aufweist, verbunden. Das Gehäuse (11) kann in

25
30

vorteilhafter Weise evakuiert oder mit einem Schutzgas gefüllt sein. Die Laserdiodeneinheit (1) besteht aus einem Laserdiodenarray (12), das von einem Netzteil (13) gespeist wird. Das aus den Laserdioden austretende Licht wird mittels einer Treppenspiegelanordnung (14) und einer Optik (15) in den Lichtwellenleiter (2) eingekoppelt. Eine solche Treppenspiegelanordnung ist beispielsweise in der DE 44 38 368 beschrieben und hat unter anderem den Vorteil, daß sie besonders kostengünstig hergestellt werden kann und nur, wie sich gezeigt hat, geringen Justierlaufwand verlangt. Der Lichtwellenleiter (2) ist zum effizienten Einkoppeln der Laserdiodenenergie als Einzelfaser mit kleinem Durchmesser ausgebildet.

Der Laserresonator besteht vorzugsweise aus einem rohrförmigen Gehäuse (33), an dessen einem Ende der Lichtwellenleiter (2) angeschlossen ist. Das Licht des Lichtwellenleiters (2) wird über eine Optik (34) auf einen Laserkristall (35) gelenkt, wobei sich zwischen der Optik (34) und dem Laserkristall (35) ein erster Laserspiegel (36) befindet. Am anderen Ende des Gehäuses (33) ein gewelltes Rohr (37) aufgesetzt an dessen Ende ein zweiter justierbarer Spiegel (38) angebracht ist. Der Spiegel kann aufgelötet oder geklebt sein. Das Rohr ist gewellt, damit der Spiegel (38) justiert werden kann. Die beiden Spiegel (36) und (38) bilden den Laserresonator, der durch Justierung des Spiegels (38) auf die Resonanzfrequenz, des aus dem Laserkristall (35) austretenden Laserlichts abgestimmt wird. Der Spiegel (36) weist auf seiner, der Optik (34) zugewandten Seite eine Beschichtung auf, die das Licht der Wellenlänge λ_l des Laserlichts reflektiert und für die Wellenlänge des Pumplichts λ_p durchlässig ist. Die andere Seite des Spiegels (36) ist so beschichtet, daß sowohl das Pumplicht, als auch das Laserlicht durchgelassen wird. Der Spiegel (38) ist so ausgebildet, daß er eine Teilreflexion des Laserlichts, das aus ihm austritt, gestattet.

In den Figuren 2a und 2b sind mögliche Ausführungsformen der Lichtleitfasern dargestellt, die als Lichtwellenleiter (2) verwendet werden können. In Fig. 2a ist eine Faser (4) mit einem runden Kern (41), einem Mantel (42) und einer

Schutzhülle (43) dargestellt und in Fig 2b eine Faser (5) mit einem rechteckigen Kern (51), einem Mantel (53) und einer Schutzhülle (53). Der Vorteil des rechteckigen Querschnitts liegt darin, daß der Querschnitt optimal an die Einzelemitter angepaßt werden kann. Der rechteckige Kern kann vorzugsweise
5 300 bis 330 μm X 100 bis 170 μm Kantenlänge haben. Bei rundem Kern kann der Durchmesser sich ebenfalls in dem Bereich von 100 bis 330 μm liegen. Mit einer Anordnung, wie sie in den Fig 1, 2a und 2b gezeigt ist, kann eine Di-odenleistung von ca. 20 W in den Laserkristall (35) eingekoppelt werden.

10 In Fig. 3 ist eine weitere Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei zur Erhöhung der Pumpleistung zwei Pumplichtquellen über zwei verschiedene Wellenlängen zusammengeführt werden. Es liegt selbstverständlich auch im Rahmen der Erfindung, daß zur weiteren Erhöhung der Pumpleistung mehr als zwei Pumplichtquellen auf diese Art zusammengeführt werden. In einer in Fig 3 dar-
15 gestellten Abwandlung der Fig 1 soll in dem Bereich zwischen der Steckverbindung (31) und der Optik (34) eine zweite Pumplichtquelle ebenfalls über eine Steckverbindung (31) zugeführt werden. Das Licht der einen Pumplichtquelle tritt aus der Faser 1 aus und möge die Pumpwellenlänge λ_{p1} und das Pumplicht, das aus der Faser 2 austritt, die Pumpwellenlänge λ_{p2} haben. Über
20 einen teildurchlässigen Spiegel (39), der für das Licht der Pumpwellenlänge λ_{p1} durchlässig ist und der das Licht der Pumpwellenlänge λ_{p2} reflektiert, werden die Strahlen der beiden Lichtquellen über die Optik (34) zusammengeführt und über die Koppeloptik (34) und den Spiegel (36) auf den Laserkristall (35) geleitet.

25

Eine weitere Ausführungsform zur Erhöhung der Pumpleistung ist in Fig 4 dargestellt. Hier sollen zwei Pumplichtquellen in eine Einzelfaser eingekoppelt werden. Hierzu ist eine Anordnung zum Zusammenführen der beiden Pumplichtquellen wie in Fig. dargestellt, gewählt worden, aber mit dem Unter-
30 schied, daß das aus der Koppeloptik austretende Licht nicht direkt auf den Laserkristall (35), sondern in einen einzelnen Lichtwellenleiter, der als Lichtleitfa-

ser ausgebildet ist, eingekoppelt und dann zu Laserresonator weitergeleitet wird.

In Fig. 5 ist eine weitere Anordnung zur Erhöhung der Pumpleistung dargestellt, bei der zwei Pumplichtquellen über polarisationserhaltende Lichtleitfasern und eine mit der Fig 3 vergleichbaren Anordnung zusammengeführt werden. Das aus der Faser 1 austretende Licht möge senkrecht polarisiert und das aus der Faser 2 austretende Licht waagrecht polarisiert sein. Der Spiegel 39' soll für die senkrechte Polarisation durchlässig und für die waagerechte Polarisation reflektierend sein. Über die Koppeloptik (34) wird dann das Licht der beiden Lichtquellen entweder wie in Fig 3 über den Spiegel (36) auf den Laserkristall (35) oder wie in Fig. 4 dargestellt, in einen Einzelwellenleiter geleitet.

In den Fig. 6a und 6b werden weitere Anordnungen zur Erhöhung der Pumpleistung gezeigt, bei denen eine zirkulare Anordnung mehrerer Pumplichtquellen gewählt wurde. Hier wird das Licht der Pumplichtquellen direkt durch den ersten Laserspiegel (36) unter einem Winkel zur Achse des Laserresonators auf den Laserkristall (35) geleitet. In Fig 6a sind zwei Fasern gezeigt, die jeweils über eine Pumpoptik (6) und (7) in einem Winkel, der senkrecht zur Achse des Laserresonators (3) liegt, ihr Licht auf den Laserkristall (35) werfen. Der Winkel muß so gewählt werden, daß noch genügend Platz für die Pumpoptiken (6) und (8) ist. Fig 6b zeigt in Draufsicht eine Anordnung wie in Fig. 6a, bei der vier Pumplichtquellen verwendet werden, die rotationssymmetrisch um die Achse des Laserresonators angeordnet sind.

Bei diesen verschiedenen im Vorangehenden beschriebenen Anordnungen liegt es ebenfalls im Rahmen der Erfindung, wenn anstelle der Pumpwellenleiter die eingangs erwähnten Treppenspiegelanordnungen zur direkten Einspeisung des Pumplichts verwendet werden. Diese Treppenspiegel werden dann

an den Stellen angeordnet werden, an denen sich die Lichtaustritte der Pumpwellenleiter befinden.

Fig. 7 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Laserresonators mit einem
5 rohrförmigen Gehäuse (7), bei dem der Resonatorraum hermetisch abgedichtet ist, Ein verspiegelter Laserkristall (71), der als Scheibe (Disk) ausgebildet ist, wird mittels zweier Pumplichtquellen (72) und (73), deren Steckverbindungen (721) und (723) mittels Dichtringe (724) und (725) mit dem Gehäuse (7) abgedichtet sind, angeregt wird. Das Pumplicht wird über die beiden Optiken (74)
10 und (75) auf den Laserkristall (71) gelenkt. Die Beschichtung des Laserkristalls (71), d.h. der erste Laserspiegel (711) ist so beschaffen, daß sie für die Wellenlänge des Pumplichts λ_p reflektierend und für die Wellenlänge des Laserlichts λ_L durchlässig ist. In axialer Richtung ist hinter dem Laserkristall ein Kühlkörper (76) vorgesehen um die Verlustleistung abzuführen. Der zweite Laserspiegel (712) befindet sich am anderen Ende des Resonatorraums und ist
15 über einen gewellten Metallbalgen (77) justierbar.

In Fig. 8 ist eine Anordnung (8) zur Abdichtung einer Pumplichtquelle gezeigt, bei der die Abdichtung mittels einer Linse (81) und einer Ringdichtung
20 (82) vorgenommen wird. Die beiden Pumplichtquellen der Fig. 7 könnten beispielsweise auf diese Weise abgedichtet sein.

In Fig. 9 ist eine weitere Ausführungsform eines Laserresonators mit rohrförmigem Gehäuse (9) gezeigt, bei dem ebenfalls ein scheibenförmiger verspiegelter
25 Laserkristall (91) verwendet wird. Die Beschaffenheit der Spiegelfläche (911), durch die das Pumplicht eintritt, ist so gewählt, daß sie für die Wellenlänge des Pumplichts λ_p durchlässig (Transmission) und für die Wellenlänge des Laserlichts λ_L reflektierend (Reflexion) ist. Die Spiegelfläche (912), auf der Innenseite des Resonators ist so beschaffen, daß sie für die Wellenlänge des
30 Pumplichts λ_p reflektierend und für die Wellenlänge des Laserlichts λ_L durchlässig ist. Das rohrförmige Gehäuse (9) kann, wenn der Laser mit Luft gekühlt

- 8 -

wird, mit Kühlrippen (92) versehen werden. Optional kann im Strahlengang des Lasers eine Brewsterplatte (93) vorgesehen sein. Das Gehäuse (9) sollte aus gut wärmeleitendem Material, beispielsweise Kupfer hergestellt sein. Der Innenraum des Resonator kann in vorteilhafter Weise mit Schutzgas gefüllt werden.

Fig 10 zeigt einen Ausschnitt aus einer anderen Ausführungsform eines Laserresonators mit rohrförmigem Gehäuse (10) gezeigt, bei dem ein stabförmiger verspiegelter Laserkristall (101) verwendet wird. Die Beschaffenheit der Spiegelfläche (102), durch die das Pumplicht eintritt, ist so gewählt, daß sie für die Wellenlänge des Pumplichts λ_p durchlässig (Transmission) und für die Wellenlänge des Laserlichts λ_L reflektierend (Reflexion) ist. Die Spiegelfläche (103), auf der Innenseite des Resonators ist für die Wellenlänge des Laserlichts λ_L entspiegelt.

Patentansprüche:

1. Festkörperlaser mit einer oder mehreren Pumplichtquellen, deren Strahlung
in den Laserkristall mit hoher Leuchtdichte eingekoppelt wird, bestehend
5 aus einem Laserkristall und einem optischen Resonator, dadurch gekennzeichnet, daß
 - a) die jede Pumplichtquelle aus mehreren Laserdioden besteht und daß
 - 10 b) das Einkoppeln des Lichts der Laserdioden jeder Pumplichtquelle mittels eines einzelnen Lichtwellenleiter vorgenommen wird.
2. Festkörperlaser mit einer oder mehreren Pumplichtquellen, deren Strahlung
in den Laserkristall mit hoher Leuchtdichte eingekoppelt wird, bestehend
15 aus einem Laserkristall und einem optischen Resonator, dadurch gekennzeichnet, daß
 - a) die jede Pumplichtquelle aus mehreren Laserdioden besteht und daß
 - 20 b) das Einkoppeln des Lichts aller Pumplichtquellen mittels einer einzelnen Lichtwellenleiter vorgenommen wird.
3. Festkörperlaser nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das
Pumplicht der Laserdiode mittels einer Mehrspiegelanordnung in die Licht-
25 wellenleiter eingekoppelt wird.
4. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,
daß das Pumplicht der Laserdioden mittels Lichtwellenleitern in eine
Einzelfaser eingekoppelt wird.

5. Festkörperlaser nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserresonator hermetisch abgedichtet ist.
6. Festkörperlaser nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserresonator evakuiert ist.
- 5 7. Festkörperlaser nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserresonator mit einem Schutzgas gefüllt ist.
8. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtwellenleiter der die Pumplichtquelle mit dem Laserresonator verbindet, einen runden Querschnitt hat.
- 10 9. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtwellenleiter, der die Pumplichtquelle mit dem Laserresonator verbindet, einen elliptischen Querschnitt hat.
- 15 10. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtwellenleiter, der die Pumplichtquelle mit dem Laserresonator verbindet, einen quadratischen Querschnitt hat.
- 20 11. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtwellenleiter, der die Pumplichtquelle mit dem Laserresonator verbindet, einen rechteckigen Querschnitt hat.
- 25 12. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehr Pumplichtquellen mit unterschiedlicher Wellenlänge jeweils über einen Lichtwellenleiter in den Laserresonator eingekoppelt werden.
- 30 13. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehr Pumplichtquellen mit unterschiedlicher Wellenlänge jeweils über einen Lichtwellenleiter in den Laserresonator eingekoppelt werden.

lenlänge über einen Lichtwellenleiter in den Laserresonator eingekoppelt werden.

- 5 14. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehr Pumplichtquellen mit unterschiedlicher Polarisation jeweils über einen Lichtwellenleiter in den Laserresonator eingekoppelt werden.
- 10 15. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehr Pumplichtquellen mit unterschiedlicher Polarisation über einen Lichtwellenleiter in den Laserresonator eingekoppelt werden.
- 15 16. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Lichtwellenleiter an mindestens einem Ende lösbar Steckverbindungen aufweisen.
- 20 17. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehrere Pumpquellen zu einem Lichtfleck zusammengeführt und dann in den Lichtwellenleiter eingekoppelt werden indem sie unter einem Winkel zur Achse des Lichtwellenleiters angeordnet werden.
- 25 18. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Austrittsenergie von zwei oder mehreren Lichtwellenleitern zu einem Lichtfleck auf dem Laserkristall zusammengeführt werden indem sie unter einem Winkel zur Achse des Lichtwellenleiters angeordnet werden.

19. Festkörperlaser nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer der Laserspiegel direkt auf dem Laserkristall angeordnet ist.

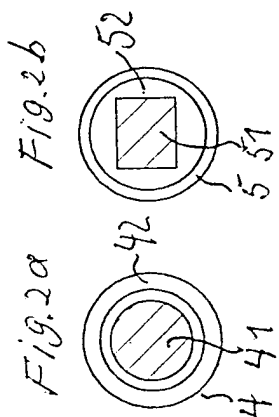


Fig. 2b

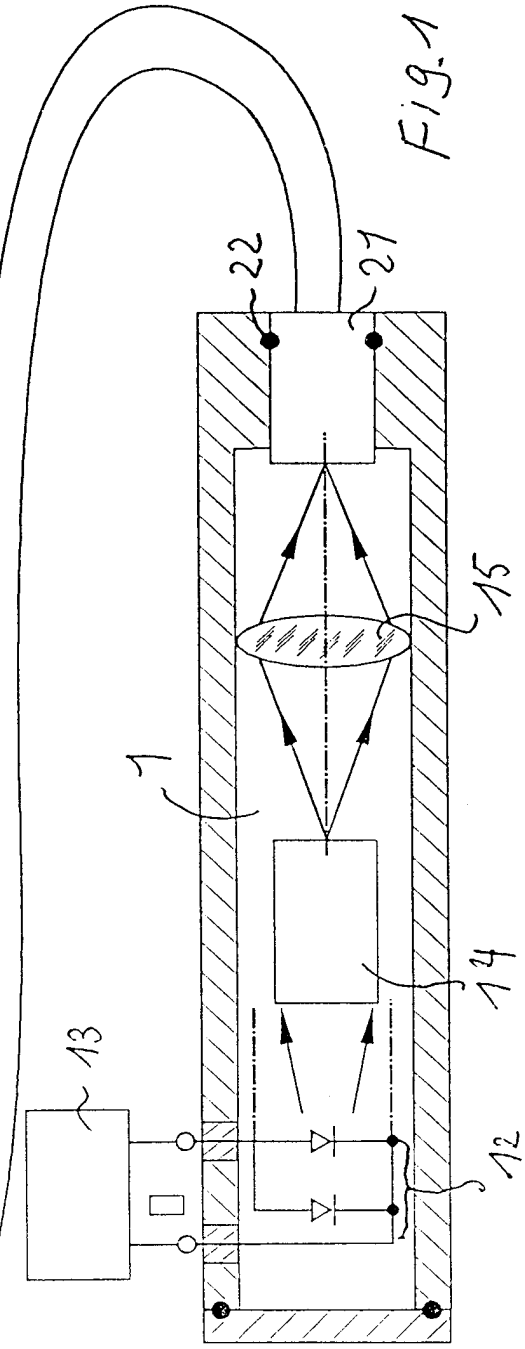
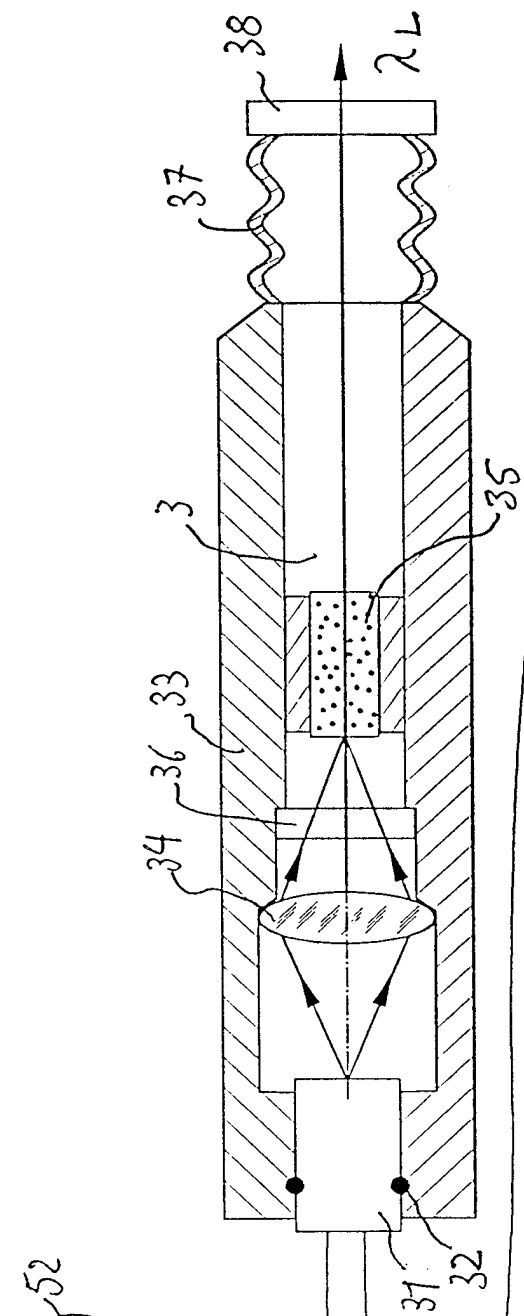
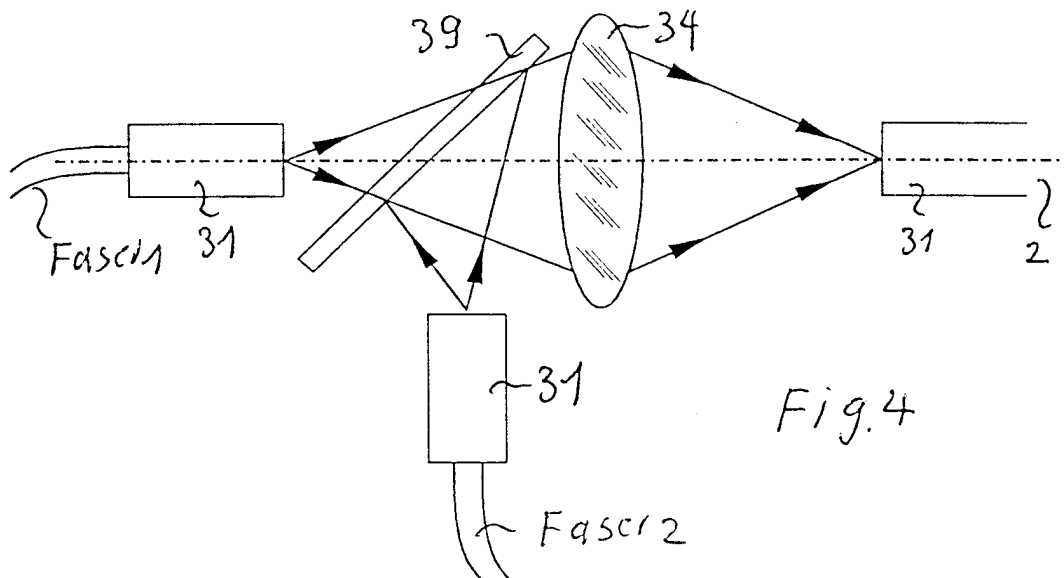
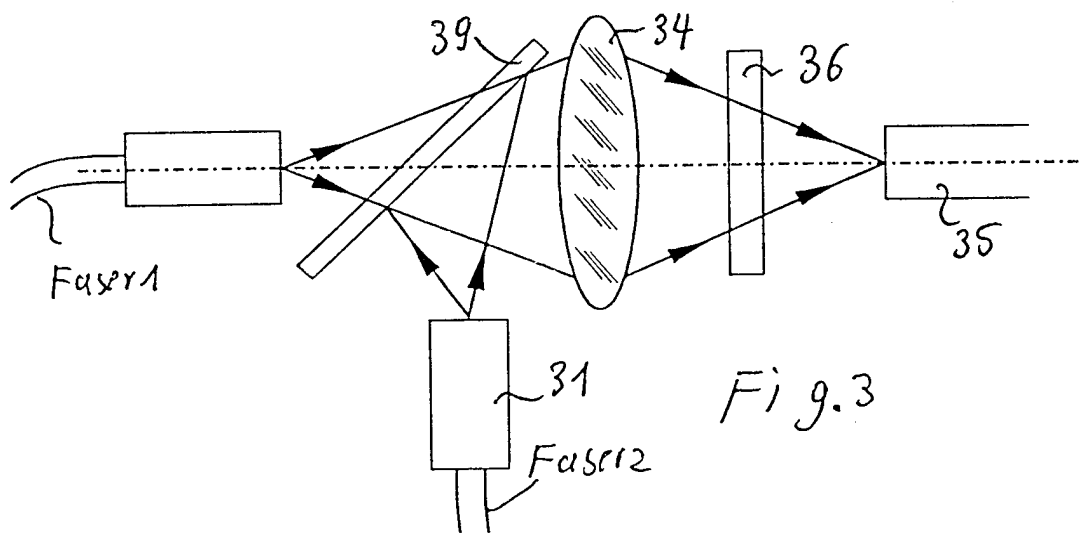
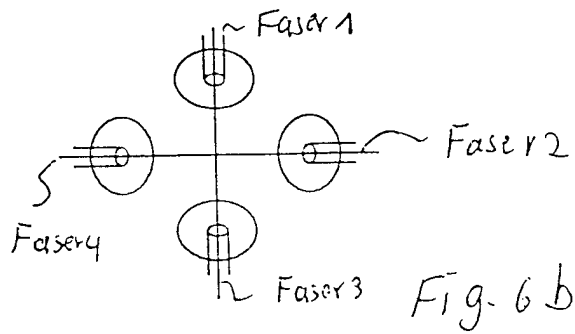
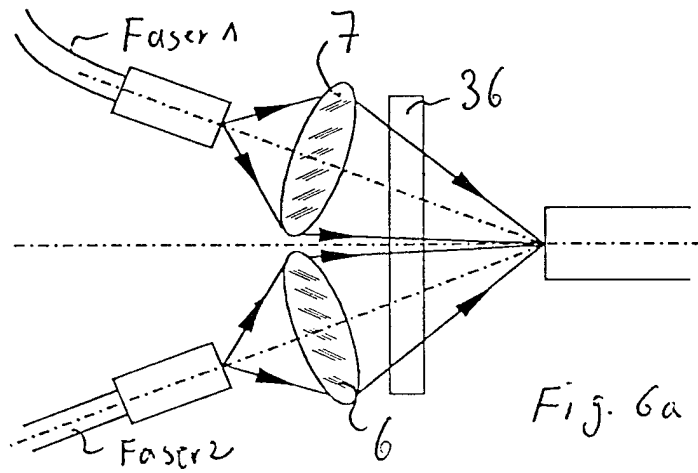
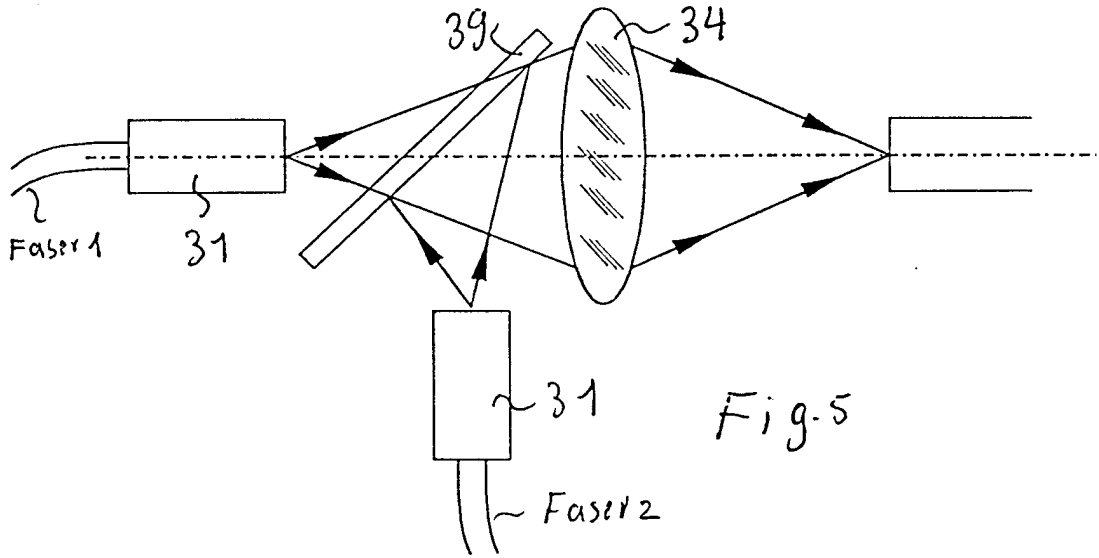


FIG. 1





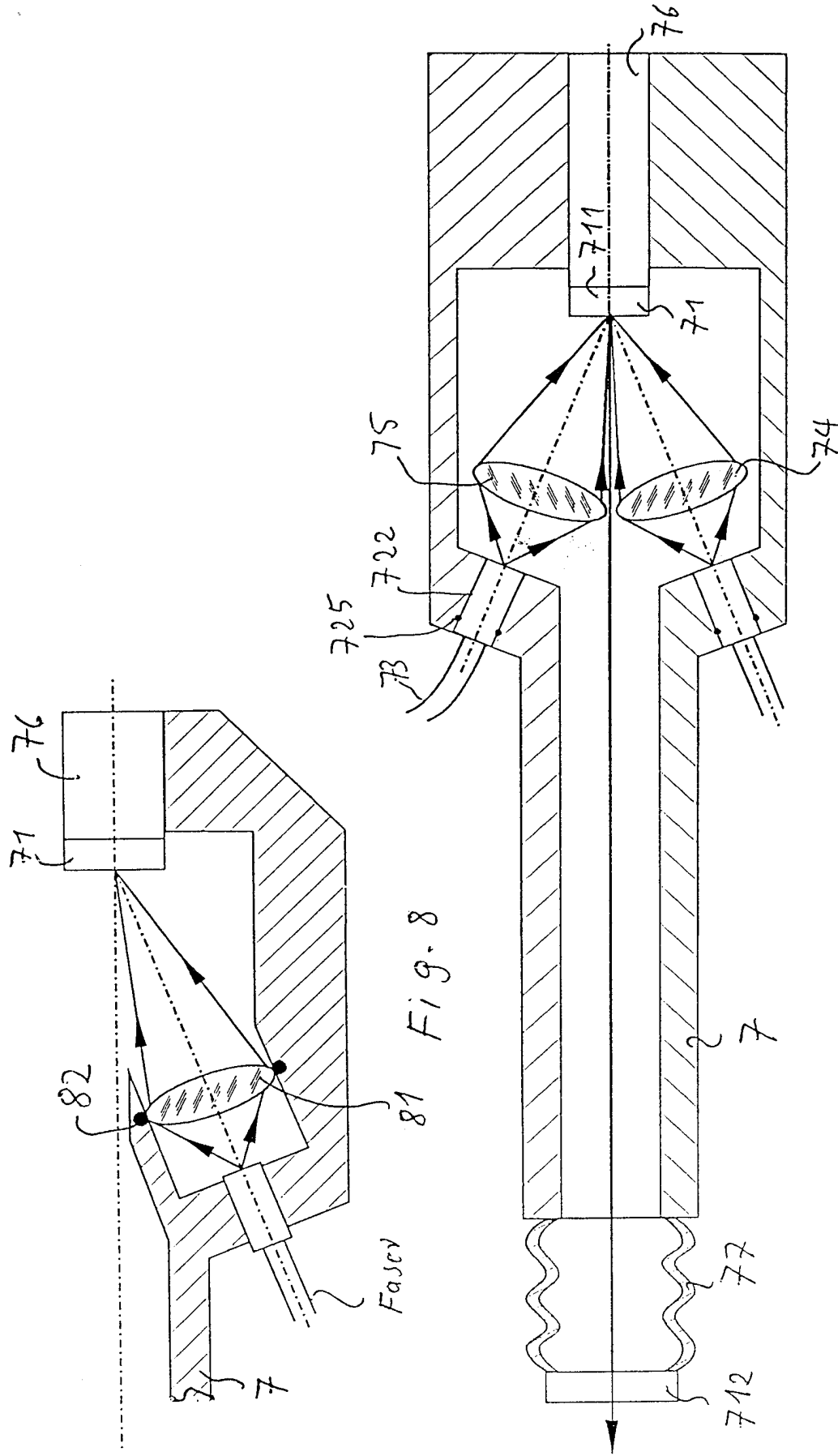
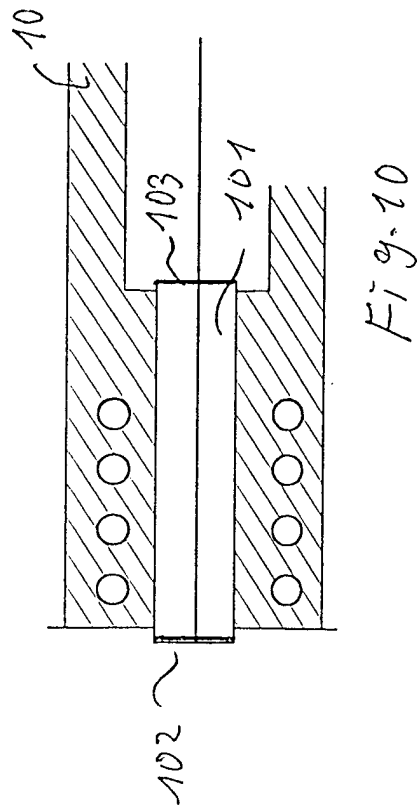
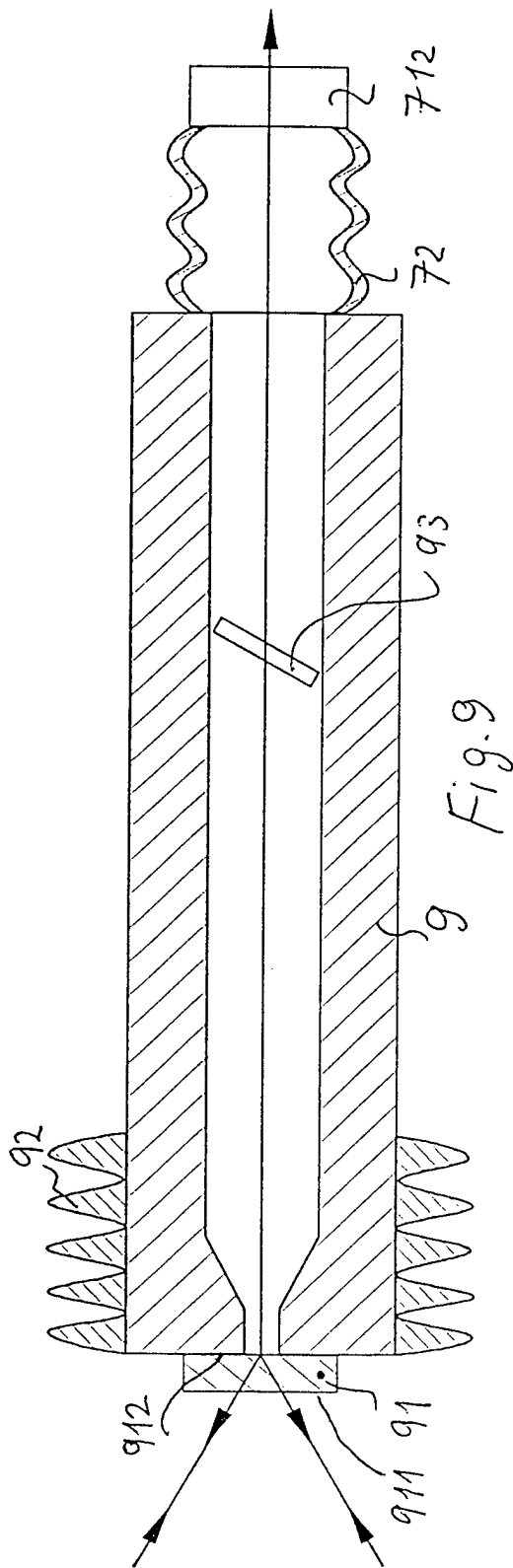


Fig. 7

Fig. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal | Application No

PCT/DE 98/01448

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01S3/0941

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 608 742 A (PETERSEN ALAN B) 4 March 1997 see abstract see column 4, line 55 - line 67 see column 5, line 6 - line 41 see column 7, line 28 - line 44 see figures 1,2,13,14	1,2,4,5, 8,9, 12-16
Y	idem	3,10,11, 17,18
X	US 4 723 257 A (BAER THOMAS M ET AL) 2 February 1988 see abstract see column 3, line 23 - column 6, line 40 see figures 1,3	1,2,4,5, 8,9,16, 19

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "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)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "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
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "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.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 October 1998

Date of mailing of the international search report

02/11/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Iasevoli, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal I Application No

PCT/DE 98/01448

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 44 38 368 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 9 May 1996 cited in the application see column 1, line 58 - column 2, line 16 see claim 1; figure 1 ----	3
Y	US 5 418 880 A (LEWIS JOHN R ET AL) 23 May 1995 see abstract see column 7, line 64 - column 8, line 8 see column 12, line 14 - column 13, line 47 ----	10,11
Y	KUSHAWAHA V ET AL: "Diode end-pumped high-efficiency Nd:YAG laser" APPLIED PHYSICS B (LASERS AND OPTICS), DEC. 1994, GERMANY, vol. B59, no. 6, pages 659-661, XP000495167 ISSN 0946-2171 see page 659, paragraph 3; figure 1 -----	17,18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 98/01448

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5608742 A	04-03-1997	EP 0845164 A WO 9707576 A	03-06-1998 27-02-1997
US 4723257 A	02-02-1988	US 4665529 A DE 3715600 A DE 3745125 C DE 3745127 C FR 2598863 A GB 2190784 A,B JP 2660336 B JP 62274788 A US RE34192 E	12-05-1987 03-12-1987 16-04-1998 24-09-1998 20-11-1987 25-11-1987 08-10-1997 28-11-1987 09-03-1993
DE 4438368 A	09-05-1996	CN 1168745 A WO 9613884 A EP 0788673 A JP 10508117 T	24-12-1997 09-05-1996 13-08-1997 04-08-1998
US 5418880 A	23-05-1995	CA 2196170 A EP 0772901 A WO 9604701 A	15-02-1996 14-05-1997 15-02-1996

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 H01S3/0941

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTER GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 608 742 A (PETERSEN ALAN B) 4. März 1997 siehe Zusammenfassung siehe Spalte 4, Zeile 55 - Zeile 67 siehe Spalte 5, Zeile 6 - Zeile 41 siehe Spalte 7, Zeile 28 - Zeile 44 siehe Abbildungen 1,2,13,14	1,2,4,5, 8,9, 12-16
Y	idem	3,10,11, 17,18
X	US 4 723 257 A (BAER THOMAS M ET AL) 2. Februar 1988 siehe Zusammenfassung siehe Spalte 3, Zeile 23 - Spalte 6, Zeile 40 siehe Abbildungen 1,3	1,2,4,5, 8,9,16, 19



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"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)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"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

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Oktober 1998

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

02/11/1998

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Iasevoli, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/01448

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ²	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 44 38 368 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 9. Mai 1996 in der Anmeldung erwähnt siehe Spalte 1, Zeile 58 - Spalte 2, Zeile 16 siehe Anspruch 1; Abbildung 1 ---	3
Y	US 5 418 880 A (LEWIS JOHN R ET AL) 23. Mai 1995 siehe Zusammenfassung siehe Spalte 7, Zeile 64 - Spalte 8, Zeile 8 siehe Spalte 12, Zeile 14 - Spalte 13, Zeile 47 ---	10,11
Y	KUSHAWAHA V ET AL: "Diode end-pumped high-efficiency Nd:YAG laser" APPLIED PHYSICS B (LASERS AND OPTICS), DEC. 1994, GERMANY, Bd. B59, Nr. 6, Seiten 659-661, XP000495167 ISSN 0946-2171 siehe Seite 659, Absatz 3; Abbildung 1 -----	17,18

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

- Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internat \approx Aktenzeichen

PCT/DE 98/01448

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5608742 A	04-03-1997	EP 0845164 A	03-06-1998
		WO 9707576 A	27-02-1997
US 4723257 A	02-02-1988	US 4665529 A	12-05-1987
		DE 3715600 A	03-12-1987
		DE 3745125 C	16-04-1998
		DE 3745127 C	24-09-1998
		FR 2598863 A	20-11-1987
		GB 2190784 A,B	25-11-1987
		JP 2660336 B	08-10-1997
		JP 62274788 A	28-11-1987
		US RE34192 E	09-03-1993
DE 4438368 A	09-05-1996	CN 1168745 A	24-12-1997
		WO 9613884 A	09-05-1996
		EP 0788673 A	13-08-1997
		JP 10508117 T	04-08-1998
US 5418880 A	23-05-1995	CA 2196170 A	15-02-1996
		EP 0772901 A	14-05-1997
		WO 9604701 A	15-02-1996