



(10) **DE 10 2013 208 377 B4** 2016.05.12

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 208 377.7**
(22) Anmeldetag: **07.05.2013**
(43) Offenlegungstag: **13.11.2014**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **12.05.2016**

(51) Int Cl.: **H01S 3/083 (2006.01)**
H01S 3/06 (2006.01)
H01S 3/10 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Forschungsverbund Berlin e.V., 12489 Berlin, DE

(74) Vertreter:
**Gulde & Partner Patent- und
Rechtsanwaltskanzlei mbB, 10179 Berlin, DE**

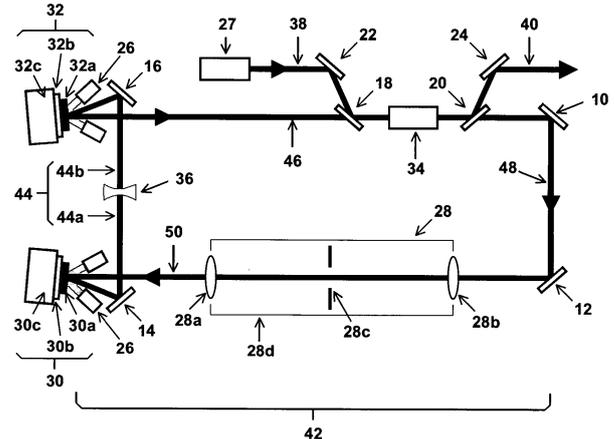
(72) Erfinder:
**Will, Ingo, Dr., 15738 Zeuthen, DE; Nubbemeyer,
Thomas, Dr., 10825 Berlin, DE; Tümmler,
Johannes, Dr., 12524 Berlin, DE; Jung, Robert,
Dr., 14129 Berlin, DE; Sandner, Wolfgang, Prof.,
79227 Schallstadt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	43 44 227	A1
DE	199 07 722	A1
US	2002 / 0 172 253	A1
EP	1 689 053	A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Verstärkung von gepulster Laserstrahlung mit hoher Energie der Laserpulse und hoher mittlerer Leistung**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Verstärkung von gepulster Strahlung, umfassend:
mindestens einen Scheibenlaser (30, 32);
Mittel (18, 22, 34) zum Einkoppeln eines optischen Eingangspulses (38);
Mittel (20, 24, 34) zum Auskoppeln eines optischen Ausgangspulses (40);
eine Vielzahl von Reflektoren (10, 12, 14, 16);
wobei der mindestens eine Scheibenlaser (30, 32) und die Vielzahl der Reflektoren (10, 12, 14, 16) einen ringförmigen Resonator (42) ausbilden,
wobei ein Vakuum-Raumfilter (28) im Strahlengang des ringförmigen Resonators (42) angeordnet ist und eine im Vakuum angeordnete Lochblende (28c) und zwei Linsen (28a, 28b) aufweist, wobei die Linsen (28a, 28b) des Filters (28) die Strahlprofile des jeweils vorherigen Umlaufs in den folgenden Umlauf abbilden, so dass sich das Strahlprofil des zu verstärkenden Pulses während der Umläufe nicht verändert.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verstärkung von gepulster Laserstrahlung mit hoher Energie der Laserpulse und hoher mittlerer Leistung.

Stand der Technik

[0002] Ringförmige Verstärker mit hohen Energien der Laserpulse sind beispielsweise aus „Compact, Multijoule-Output, Nd:Glass, Large-Aperture Ring Amplifier“, LLE Review, Volume 58, Lab for Laser Energetics (LLE) Rochester, January-March 1994 DOE/SF/19460-17 bekannt. Ein sogenannter Large-Aperture Ring Amplifier (LARA) erreicht eine hohe Pulsenergie von größer als 1 J. Da das stabförmige, aktive Medium jedoch nicht besonders effizient gekühlt werden kann, ist die mittlere Leistung auf einige mW bzw. die Repetitionsrate auf weniger als 1 Hz begrenzt. Somit kann ein herkömmlicher Large-Aperture Ring Amplifier nachteilhafterweise nur geringe mittlere Leistungen erreichen.

[0003] Zur Erzielung hoher Energien ist es beispielsweise aus Brauch et al. „Multiwatt diode-pumped Yb:YAG thin disk laser continuously tunable between 1018 and 1053 nm“, Optics Letters, Vol. 20, No 7, S. 713–715 bekannt, einen Scheibenlaser im cw-Modus zu verwenden. Die Erzeugung gepulster Laserstrahlung ist bei der Verwendung von Scheibenlasern jedoch nachteilhafterweise auf sehr kleine Pulsenergien (wenige mJ) begrenzt.

[0004] EP 1 689 053 A1 offenbart einen regenerativen Verstärker mit einem Scheibenlaser in einem Linearverstärker sowie Stablasern in einem Ringverstärker. DE 199 07 722 A1 offenbart ein Lasersystem zur Erzeugung ultrakurzer Lichtimpulse mit einem Laserresonator, der ein scheibenförmiges Festkörper-Oszillatorelement enthält. DE 43 44 227 A1 offenbart ein Laserverstärkersystem mit Scheibenlasern. US 2002/0172253 A1 offenbart einen Festkörperlaseroszillator mit mehreren linear angeordneten Scheibenlasern.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Verstärkung von gepulster Laserstrahlung anzugeben, die sowohl eine hohe Energie der einzelnen Laserpulse als auch eine hohe mittlere Leistung (d.h. eine hohe Repetitionsrate) ermöglicht.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0007] Die Idee der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Scheibenlaser zur Erhöhung der mittlere

ren Leistung in einen ringförmigen Resonator zu integrieren. Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst mindestens einen Scheibenlaser, Mittel zum Einkoppeln eines Eingangslaserpulses, Mittel zum Auskoppeln eines Ausgangslaserpulses und eine Vielzahl von Reflektoren (vorzugsweise planare Spiegel), wobei der mindestens eine Scheibenlaser und die Vielzahl der Reflektoren einen ringförmigen Resonator ausbilden. Ferner ist ein Vakuum-Raumfilter im Strahlengang des ringförmigen Resonators angeordnet, der eine im Vakuum angeordnete Lochblende und zwei Linsen umfasst, wobei die Linsen des Filters die Strahlprofile des jeweils vorherigen Umlaufs in den folgenden Umlauf abbilden, so dass sich das Strahlprofil des zu verstärkenden Pulses während der Umläufe nicht verändert.

[0008] Der mindestens eine Scheibenlaser wird innerhalb des ringförmigen Resonators jedoch nicht transmissiv durchstrahlt, sondern fungiert vielmehr als eigenständiger Reflektor (Umlenkspiegel), der den ringförmigen Resonator zusammen mit den anderen Reflektoren ausformt.

[0009] Es wurde gefunden, dass Scheibenlaser aufgrund ihrer effizienten Kühlbarkeit innerhalb eines ringförmigen Resonators nicht nur hohe Energien der einzelnen Laserpulse, sondern auch eine hohe mittlere Leistung, also eine hohe Repetitionsrate ermöglichen.

[0010] Zwar erreichen herkömmliche ringförmige Resonatoren mit einem Festkörper-Laserstab ebenfalls hohe Energien der einzelnen Laserpulse im Bereich von 1 J und höher, jedoch ist die mittlere Leistung dieser Resonatoren und damit die Repetitionsrate stark begrenzt (Repetitionrate kleiner 1 Hz). Diese Nachteile können erfindungsgemäß durch die Verwendung eines Scheibenlasers als Reflektor innerhalb des Resonatorrings überwunden werden, so dass gleichzeitig hohe Energien der einzelnen Laserpulse und hohe mittlere Leistungen (Repetitionraten) im Bereich von mehr als 10 W bzw. mehr als 100 Hz erreicht werden können.

[0011] Vorzugsweise ist der mindestens eine Scheibenlaser als Festkörperlaser mit einem scheibenförmigen aktiven Medium ausgebildet. Das scheibenförmige aktive Medium weist vorzugsweise planare Oberflächen und/oder eine uniforme Scheibendicke auf. Die (uniforme) Dicke des scheibenförmigen aktiven Mediums beträgt vorzugsweise zwischen 100 und 900 μm , bevorzugter 200 und 600 μm . Der Durchmesser des scheibenförmigen aktiven Mediums beträgt vorzugsweise zwischen 10 und 35 mm. Ein bevorzugtes Material des aktiven Mediums ist Yb:YAG.

[0012] Der Scheibenlaser wird vorzugsweise optisch gepumpt, wobei die optische Pumpstrahlung vor-

zugsweise seitlich auf die Front des scheibenförmigen aktiven Mediums eingestrahlt wird. Besonders bevorzugt sind für jeden Scheibenlaser mindestens zwei Pumpstrahlungsquellen vorgesehen, die von gegenüberliegenden Seiten auf das aktive Medium einstrahlen. Die Wellenlänge (maximaler Intensität) der Pumpstrahlung beträgt vorzugsweise zwischen 800 und 1100 nm, bevorzugter zwischen 900 und 1000 nm. Die Pumpstrahlungsquellen sind vorzugsweise als Diodenlaser ausgebildet.

[0013] Das scheibenförmige aktive Medium weist vorzugsweise eine frontseitig (dem Resonatorring zugewandt) angeordnete – bezogen auf die Pumpwellenlänge – antireflektive Beschichtung auf. Die Reflektivität der frontseitig angeordneten Beschichtung beträgt vorzugsweise kleiner als 1%, noch bevorzugter kleiner als 0,1%.

[0014] Das scheibenförmige aktive Medium weist vorzugsweise eine rückseitig (dem Resonatorring abgewandt) angeordnete – bezogen auf die Pumpwellenlänge – hochreflektive Beschichtung auf. Die Reflektivität der rückseitig angeordneten Beschichtung beträgt vorzugsweise größer als 99%, noch bevorzugter größer als 99,9%.

[0015] Das zwischen den Beschichtungen (antireflektiv, hochreflektiv) geschichtete aktive Medium ist vorzugsweise auf einen Träger montiert, wobei der Träger eine hohe Wärmeleitfähigkeit besitzt. Die Wärmeleitfähigkeit des Trägers beträgt vorzugsweise größer 100 W/(m·K), bevorzugter größer 500 W/(m·K), noch bevorzugter größer 1500 W/(m·K) und noch bevorzugter größer 2000 W/(m·K). Vorzugsweise ist der Träger aus Diamant ausgebildet. Vorzugsweise ist der Träger mit mindestens einer aktiven Kühlung (Wärmesenke) verbunden. In einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante wird der Träger durch mindestens zwei Kühlfinger direkt kontaktiert, wobei die Kühlfinger beispielsweise mit einer Wasserkühlung verbunden sein können. Die Kühlfinger können beispielsweise aus Kupfer ausgebildet sein.

[0016] Das Mittel zum Einkoppeln eines Eingangslaserpulses ist vorzugsweise durch einen Polarisator und eine Pockels-Zelle ausgebildet. Dabei sind Polarisator und Pockels-Zelle derart im Ringresonator angeordnet, dass sie von der umlaufenden Strahlung transmissiv durchstrahlt werden. Somit kann ein Eingangslaserpuls von außerhalb des Ringresonators in den umlaufenden Strahlengang eingekoppelt werden. Durch geeignete Beschaltung der Pockels-Zelle kann der eingekoppelte Eingangslaserpuls innerhalb des Ringresonators durchgelassen oder geblockt werden.

[0017] Das Mittel zum Einkoppeln eines Eingangslaserpulses umfasst vorzugsweise eine Pulslichtquelle,

die besonders bevorzugt durch einen Puls laser oder durch eine Blitzlichtlampe ausgebildet ist. Vorzugsweise sind die Pulslichtquelle und die Pockels-Zelle miteinander synchronisiert. Die Repetitionsrate der erfindungsgemäßen Verstärkervorrichtung wird damit durch die Repetitionsrate der Pulslichtquelle vorgegeben.

[0018] Das Mittel zum Auskoppeln eines Ausgangslaserpulses ist vorzugsweise durch einen (weiteren) Polarisator und eine Pockels-Zelle ausgebildet. Es ist dabei ausreichend, dass eine Pockels-Zelle sowohl für das Mittel zum Einkoppeln eines Eingangslaserpulses als auch für das Mittel zum Auskoppeln eines Ausgangslaserpulses zur Verfügung steht. Dabei sind Polarisator und Pockels-Zelle derart im Ringresonator angeordnet, dass sie von der umlaufenden Strahlung transmissiv durchstrahlt werden. Durch geeignete Beschaltung der Pockels-Zelle kann der die umlaufende Strahlung (verstärkter Eingangslaserpuls) aus dem Ringresonator ausgekoppelt werden.

[0019] Zur Ausbildung eines ringförmigen Resonators sind neben dem als Reflektor fungierenden (mindestens einen) Scheibenlaser mindestens zwei weitere Reflektoren vorgesehen. Bei der Verwendung von insgesamt drei Reflektoren (inklusive des Scheibenlasers) kann ein dreieckförmiger Resonator ausgebildet werden. Es ist jedoch bevorzugt, neben dem mindestens (mindestens einen) Scheibenlaser mindestens drei, besonders bevorzugt vier planare Reflektoren zu verwenden. Dadurch kann ein Resonator ausgebildet werden, innerhalb dessen weitere, die Effizienz der Vorrichtung erhöhende Elemente angeordnet werden können.

[0020] Das Vakuum-Raumfilter ist derart im Ringresonator angeordnet, dass er von der umlaufenden Strahlung transmissiv durchstrahlt wird. Das Vakuum-Raumfilter umfasst eine Eintrittsfacette, eine Austrittsfacette und mindestens eine in einem Vakuum angeordnete Lochblende, die ausgebildet ist, ungewünschte Wellenfrontaberrationen zu eliminieren. Gleichzeitig bilden die Linsen des Filters die Strahlprofile des jeweils vorherigen Umlaufs in den folgenden Umlauf ab, sodass sich das Strahlprofil des zu verstärkenden Pulses während der ~5...20 Umläufe nicht wesentlich verändert. Dabei ist das Vakuum-Raumfilter ausgebildet, die die Eintrittsfacette passierende Strahlung auf die Lochblende zu fokussieren und die durch die Lochblende hindurchtretende Strahlung nachfolgend zu kollimieren. Die Lochblende ist vorzugsweise kreisförmig ausgebildet und weist vorzugsweise einen Durchmesser zwischen 0,8 und 1,5 mm auf.

[0021] Es ist weiterhin bevorzugt, ein optisches Korrektur element im Strahlengang des ringförmigen Resonators anzuordnen. Das optische Korrektur-

element ist vorzugsweise ausgebildet, eine durch den mindestens einen Scheibenlaser hervorgerufene Wellenfrontverzerrung der im ringförmigen Resonator umlaufenden Strahlung zu korrigieren. Besonders bevorzugt ist das optische Korrekturlement durch eine asphärische Linse ausgebildet. Es wurde gefunden, dass die Verwendung eines Scheibenlasers während des Betriebs aufgrund einer einhergehenden Erwärmung des Scheibenlasers zu erheblichen Wellenfrontverzerrungen führen kann, da sich die „Thin Disk“ des Scheibenlasers, also das scheibenförmige aktive Medium aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten des aktiven Mediums und des Trägers, der das aktive Medium stützt, erheblich verkrümmen kann. Die aus dieser Verkrümmung resultierende Wellenfrontverzerrung kann mittels des optischen Korrekturlements signifikant – wenn nicht vollständig – reduziert werden.

[0022] In einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante weist der ringförmige Resonator einen ersten Scheibenlaser und einen zweiten Scheibenlaser auf, die beide als Reflektoren im ringförmigen Resonator fungieren. Es wurde gefunden, dass die Effizienz der Verstärkervorrichtung durch die Verwendung von zwei Scheibenlasern weiter erhöht werden kann. Dabei ist es bevorzugt, dass beide Scheibenlaser baugleich ausgebildet sind. Baugleich im Sinne der vorliegenden Erfindung bedeutet, dass das aktive Medium beider Scheibenlaser vorzugsweise aus dem gleichen Material ausgebildet ist und die Dicken der aktiven Medien beider Scheibenlaser vorzugsweise gleich sind. Besonders bevorzugt sind auch die Beschichtungen aus dem jeweils gleichen Material und besitzen jeweils eine gleiche Dicke.

[0023] Im Falle der Verwendung zweier Scheibenlaser ist es bevorzugt, beide Scheibenlaser innerhalb des Ringes nah zueinander anzuordnen. Dazu ist ein minimaler Weg entlang des Strahlengangs im ringförmigen Resonator zwischen dem ersten Scheibenlaser und dem zweiten Scheibenlaser geringer als 20%, bevorzugter geringer als 15% der Umlauflänge des Strahlengangs des ringförmigen Resonators. Es wurde gefunden, dass die Korrektur der Wellenfrontverzerrungen besonders effizient erfolgen kann, wenn der Abstand zwischen dem Korrekturlement und dem jeweiligen Scheibenlaser möglichst gering, d.h. vorzugsweise geringer als 10%, bevorzugter geringer als 8% der Umlauflänge des Strahlengangs des ringförmigen Resonators ist. Daher ist es möglich, für zwei nah zueinander angeordnete Scheibenlaser ein gemeinsames Korrekturlement zu verwenden, das dann zwischen den Scheibenlasern angeordnet ist.

[0024] Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

[0025] Die vorliegende Erfindung offenbart weiterhin eine Vorrichtung zur Erzeugung von gepulster Laserstrahlung mit hoher Energie der Laserpulse und hoher mittlerer Leistung. Eine solche Vorrichtung zur Erzeugung von gepulster Laserstrahlung umfasst eine Pulslichtquelle sowie die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Verstärkung von gepulster Laserstrahlung, wobei die Pulslichtquelle ausgebildet ist, Laserpulse in die Verstärkungsvorrichtung einzuspeisen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0026] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0027] Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Verstärkung von gepulster Laserstrahlung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel in schematischer geschnittener Darstellung, und

[0028] Fig. 2 eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Verstärkung von gepulster Laserstrahlung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel in schematischer geschnittener Darstellung.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0029] Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Verstärkung von gepulster Laserstrahlung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel in schematischer geschnittener Darstellung.

[0030] Die erfindungsgemäße Verstärkungsvorrichtung weist einen Ringresonator **42** auf, der durch die planaren Umlenkspiegel **10**, **12**, **14** und **16** sowie durch die Scheibenlaser **30** und **32** ausgebildet wird. Dabei werden die Umlenkspiegel **10**, **12**, **14** und **16** und die Scheibenlaser **30** und **32** derart angeordnet, dass die Strahlengänge zwischen den Spiegeln **10** und **12** sowie zwischen den Spiegeln **14** und **16** parallel verlaufen. Weiterhin verlaufen die Strahlengänge zwischen dem Scheibenlaser **32** und dem Spiegel **10** sowie zwischen dem Scheibenlaser **30** und dem Spiegel **12** parallel zu einander. Mit anderen Worten wird ein sechseckiger symmetrischer Ringresonator **42** ausgebildet. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diese Ringresonatorstruktur beschränkt und kann auch alternativ dreieckig, viereckig oder anderweitig ausgebildet werden. So wäre es im vorliegenden Ausführungsbeispiel beispielsweise möglich, die Spiegel **14** und **16** wegzulassen und die Scheibenlaser **30** und **32** entsprechend auszurichten. Die Verwendung der Spiegel **14** und **16** ist jedoch vorteilhaft, weil die Scheibenlaser **30** und **32** dann derart ausgerichtet werden können, dass ein optisches Pumpen der Scheibenlaser **30** und **32** mittels jeweils mehrerer, gegenüberliegend angeordneter Pumpoptiken **26** einfach möglich ist. Die Pumpoptiken **26** sind vorzugsweise als Diodenlaser ausgebildet.

[0031] Die Scheiben der Scheibenlaser **30** und **32** werden durch die Pumpoptiken **26** von vorn gepumpt. Vorzugsweise werden Pumpoptiken **26** verwendet, die einen mehrfachen Durchgang der Pumpstrahlung durch die Scheiben der Scheibenlaser **30** und **32** realisieren, da pro Durchgang nur 10 bis 20% absorbiert werden. Durch den mehrfachen Durchgang der Pumpstrahlung durch die Scheiben der Scheibenlaser **30** und **32** kann eine Absorption zwischen 90 und 95% erreicht werden.

[0032] Der Abstand zwischen den Spiegeln **10** und **12** sowie zwischen den Spiegeln **14** und **16** beträgt im vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel zwischen 0,4 und 0,6 m. Der Abstand zwischen dem Scheibenlaser **32** und dem Spiegel **10** sowie zwischen dem Scheibenlaser **30** und dem Spiegel **12** beträgt im vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel zwischen 1,8 und 2,2 m.

[0033] Im Strahlengang **46** zwischen dem Scheibenlaser **32** und dem Spiegel **10** sind planare Polarisatoren **18** und **20** und zwischen den Polarisatoren eine Pockels-Zelle **34** angeordnet. Ein beispielsweise durch eine Pulslichtquelle **27** (die jedoch nicht notwendigerweise Teil der Verstärkungsanordnung ist) erzeugter Laserpuls **38** kann dann über den Reflektor **22** und den Polarisator **18** in den ringförmigen Strahlengang des Ringresonators **46** eingekoppelt werden. Je nach Schaltzustand der Pockels-Zelle **34** wird ein Eingangslaserpuls **38** über den Reflektor **22**/Polarisator **18** eingekoppelt oder der verstärkte Puls **40** – nach Verstärkung des Eingangslaserpulses im Ringresonator **46** – ausgekoppelt. Dazu sind Pulslichtquelle **27** und Pockels-Zelle **34** im vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel derart synchronisiert, dass die Pockels-Zelle **34** im Zeitpunkt der Erzeugung eines Eingangslaserpulses **38** durch die Pulslichtquelle **27** diesen Eingangslaserpuls **38** in den Strahlengang des Ringresonators **46** eingekoppelt und nach einer gewissen Zeit – die für die Verstärkung des Eingangslaserpulses **38** notwendig ist – den verstärkten Laserpuls **40** aus dem Ringresonator **46** durch Änderung ihres Schaltzustands auskoppelt. Die Anzahl von Umläufen des Pulses im Ringresonator liegt typisch zwischen 5 und 20. Die Zeit zwischen den beiden Schaltflanken der Pockels-Zelle liegt beispielsweise zwischen 100 und 600 ns. Die Auskoppelung erfolgt dann über den Polarisator **20** und den Umlenkspiegel **24**.

[0034] Im Strahlengang **50** zwischen dem Spiegel **12** und dem Scheibenlaser **30** ist ein Vakuum-Raumfilter **28** angeordnet, dessen Länge im vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel ein Viertel der Umlauflänge des Ringresonators **46** beträgt. Das Vakuum-Raumfilter **28** weist ein Gehäuse **28d** auf, wobei innerhalb des Gehäuses **28d** ein Vakuum vorhanden ist.

[0035] Der Umlauf innerhalb des Ringresonators **46** erfolgt im Uhrzeigersinn, so dass die Linse **28b** die umlaufende Strahlung auf die Lochblende **28c** fokussiert. Die Lochblende **28c** ist im Vakuum angeordnet, um eine Überhitzung im Fokus aufgrund der hohen Leistungsdichten zu verhindern. Die Lochblende **28c** eliminiert unerwünschte Wellenfrontaberrationen.

[0036] In der Nähe der Spiegel **14** und **16** sind die Scheibenlaser **30** und **32** angeordnet, die den Ringresonator **46** ebenfalls als Reflektoren ausbilden. Die Scheibenlaser **30** und **32** sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel baugleich gewählt und symmetrisch angeordnet. Die Scheibenlaser **30** und **32** weisen jeweils ein scheibenförmiges, aktives Medium **30a**, **32a** bestehend aus Yb:YAG auf, das jeweils zwischen einer (hier nicht dargestellten) antireflektiven, den Spiegeln **14** bzw. **16** zugewandten Frontbeschichtung und einer (hier nicht dargestellten) hochreflektiven, den Spiegeln **14** bzw. **16** abgewandten Rückbeschichtung eingebettet ist. Das scheibenförmige, aktive Medium **30a**, **32a** ist jeweils auf einem Diamantträger **30b**, **32b** angeordnet, der über (hier nicht dargestellte) Kühlfinger mit einer aktiven Kühlung **30c**, **32c**, beispielsweise einer Wasserkühlung oder einem Peltier-Element verbunden ist.

[0037] Die Scheibenlaser **30** und **32** werden jeweils durch zwei (hier nicht dargestellte) Laserdioden gepumpt, die jeweils von gegenüberliegenden Seiten auf das aktive Medium **30a**, **32a** einstrahlen.

[0038] Im Strahlengang **44** zwischen dem Scheibenlaser **30** und dem Scheibenlaser **32** ist das Korrektur-element **36** angeordnet. Das Korrektur-element **36** ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel symmetrisch zu den Scheibenlasern **30** und **32** positioniert, so dass die Teilstrahlengänge **44a** und **44b** gleich lang sind. Das Korrektur-element **36** ist durch eine asphärische Einzellinse ausgebildet und eliminiert unerwünschte Wellenfrontverzerrungen.

[0039] Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Verstärkung von gepulster Laserstrahlung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel in schematischer geschnittener Darstellung.

[0040] Die erfindungsgemäße Verstärkungsanordnung weist gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel einen Ringresonator **42** auf, der durch die planaren Umlenkspiegel **10**, **12**, **14** und **16** sowie durch einen Scheibenlaser **30** ausgebildet wird. Die in Fig. 1 und Fig. 2 verwendeten jeweils identisch verwendeten Bezugszeichen repräsentieren dieselben Elemente mit gleicher Funktionalität. Im zweiten Ausführungsbeispiel wird jedoch im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel lediglich ein Scheibenlaser **30** statt zweier Scheibenlaser **30** und **32** verwendet, wodurch eine besonders kostengünstige Vorrichtung zur Verstärkung von gepulster Laserstrahlung ausgebildet

werden kann, die sowohl eine hohe Energie der einzelnen Laserpulse als auch eine hohe mittlere Leistung (d.h. eine hohe Repetitionsrate) ermöglicht.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Verstärkung von gepulster Strahlung, umfassend:
 mindestens einen Scheibenlaser (30, 32);
 Mittel (18, 22, 34) zum Einkoppeln eines optischen Eingangspulses (38);
 Mittel (20, 24, 34) zum Auskoppeln eines optischen Ausgangspulses (40);
 eine Vielzahl von Reflektoren (10, 12, 14, 16);
 wobei der mindestens eine Scheibenlaser (30, 32) und die Vielzahl der Reflektoren (10, 12, 14, 16) einen ringförmigen Resonator (42) ausbilden, wobei ein Vakuum-Raumfilter (28) im Strahlengang des ringförmigen Resonators (42) angeordnet ist und eine im Vakuum angeordnete Lochblende (28c) und zwei Linsen (28a, 28b) aufweist, wobei die Linsen (28a, 28b) des Filters (28) die Strahlprofile des jeweils vorherigen Umlaufs in den folgenden Umlauf abbilden, so dass sich das Strahlprofil des zu verstärkenden Pulses während der Umläufe nicht verändert.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Scheibenlaser (30, 32) als Reflektor innerhalb des ringförmigen Resonators (42) fungiert.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein optisches Korrekturlement (36) im Strahlengang des ringförmigen Resonators (42) angeordnet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3 **dadurch gekennzeichnet**, dass das optische Korrekturlement (36) ausgebildet ist, eine durch den mindestens einen Scheibenlaser (30, 32) hervorgerufene Wellenfrontverzerrung der im ringförmigen Resonator (42) umlaufenden Strahlung zu korrigieren.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das optische Korrekturlement (36) eine asphärische Linse aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein erster Scheibenlaser (30) und ein zweiter Scheibenlaser (32) im Strahlengang des ringförmigen Resonators (42) angeordnet sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein minimaler Weg (44) entlang des Strahlengangs im ringförmigen Resonator (42) zwischen dem ersten Scheibenlaser (30) und dem zweiten Scheibenlaser (32) geringer als 20% der Umlauflänge des Strahlengangs des ringförmigen Resonators (42) beträgt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das optische Korrekturlement (36) zwischen dem ersten Scheibenlaser (30) und dem zweiten Scheibenlaser (32) entlang des minimalen Wegs (44) angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein minimaler Weg (44a) entlang des Strahlengangs im ringförmigen Resonator (42) zwischen dem ersten Scheibenlaser (30) und dem optischen Korrekturlement (36) gleich einem minimalen Weg (44b) entlang des Strahlengangs im ringförmigen Resonator (42) zwischen dem optischen Korrekturlement (36) und dem zweiten Scheibenlaser (32) ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

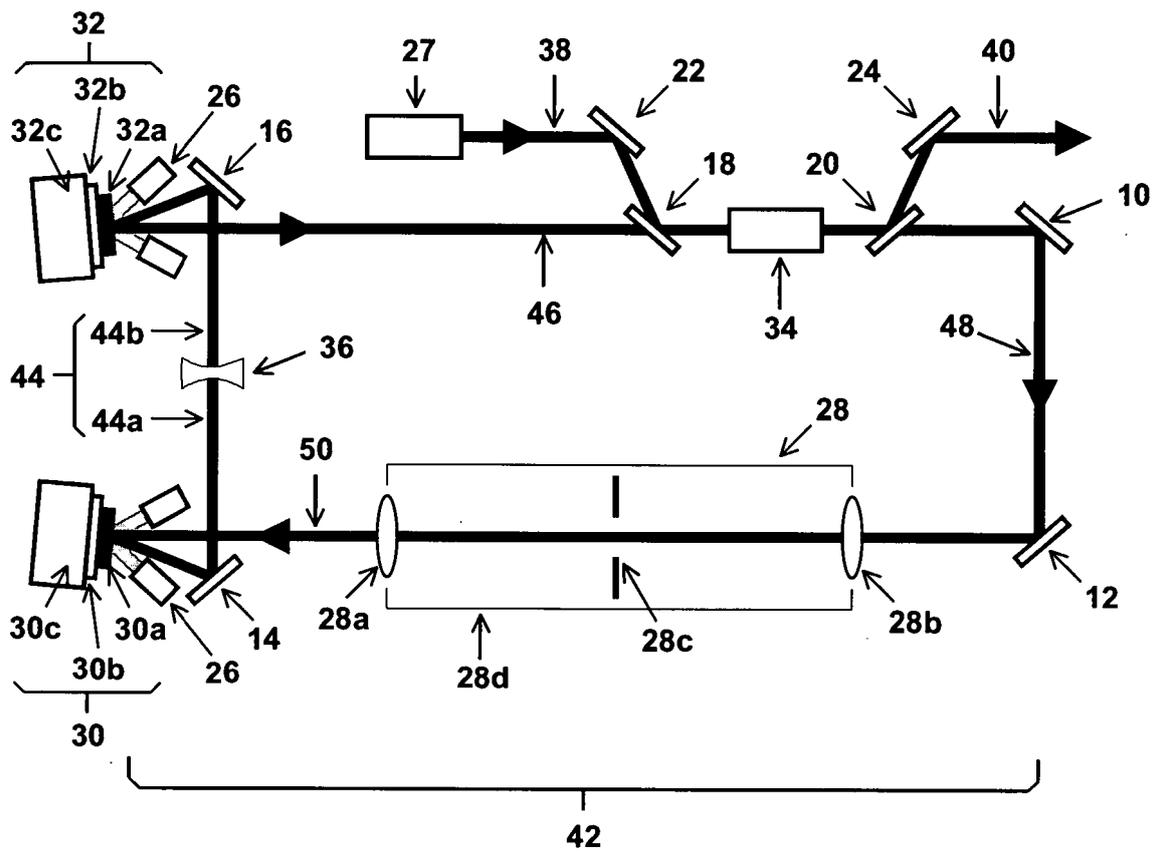


Fig. 1

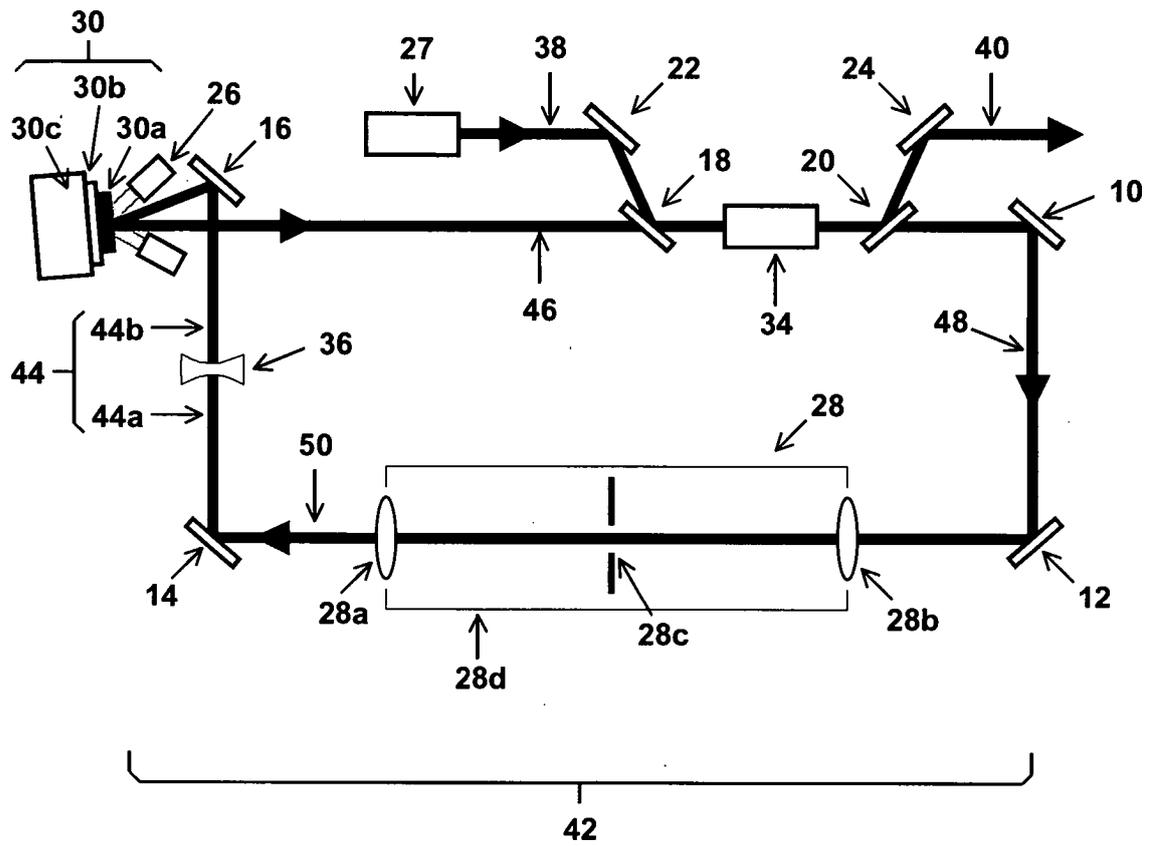


Fig. 2