

DE 00029607659 U1

Anmeldeland: DE
Anmeldenummer: 29607659
Anmeldedatum: 22.04.1996
Veröffentlichungsdatum: 10.10.1996
Priorität: DE 19515321 20.04.1995
Hauptklasse: H01S 3/1055
Nebenklasse: H01S 3/085
MCD-Hauptklasse: H01S 3/08(2006.01,A)
MCD-Nebenklasse: H01S 3/1055(2006.01,A)
MCD-Nebenklasse: H01S 3/106(2006.01,A)
MCD-Nebenklasse: H01S 5/00(2006.01,A)
MCD-Nebenklasse: H01S 5/14(2006.01,A)
CPC: H01S 5/141
CPC: H01S 3/0805
CPC: H01S 3/1055
CPC: H01S 5/143
ECLA: H01S 3/1055
ECLA: H01S 5/14 B
Anmelder: Gabbert, Manfred, Dipl.-Phys., 10249 Berlin, DE

[DE]Durchstimmbare, justierstabile Laserlichtquelle mit spektral gefiltertem Ausgang

Seite 1 --- (BI)

Seite 2 --- (DE)

Manfred Gabbert

Durchstimmbare, justierstabile Laserlichtquelle mit
spektral gefiltertem Ausgang

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine durchstimmbare Laserlichtquelle, die sich durch hohe optische Stabilität sowie besondere Unterdrückung der breitbandigen spontanen Strahlung (ASE-Amplified Spontaneous Emission) und der Nebenmoden bei einfachem Aufbau auszeichnet. Anwendungsgebiet für eine derartige Lichtquelle ist u. a. die Ramanspektroskopie.

Durchstimmbare Laserlichtquellen sind in vielen Varianten bekannt. Als Beispiel ist in Fig. 2 eine Halbleiterlaseranordnung gezeigt. Entsprechend abgewandelt, wird dieser Aufbau auch für Farbstofflaser verwendet. Sie besteht im wesentlichen aus der Laserdiode LD, einem Kollimator KO, einem Beugungsgitter GI zur Dispersion der Laserstrahlung und einem in Dispersionsrichtung des Gitters drehbaren ebenen Spiegel S 1. Die nach dem Kollimator KO im wesentlichen ein paralleles Bündel bildende Laserstrahlung wird am Gitter GI gebeugt und gelangt auf den drehbaren Spiegel S 1. Nur die

Seite 3 --- (DE)

Laserwellenlängen, die derart gebeugt worden sind, daß sie den Spiegel S 1 weitestgehend senkrecht treffen, laufen hinreichend genau wieder auf demselben Weg zurück und werden auf die aktive Laserfacette abgebildet, wodurch eine optische Rückkopplung entsteht. Damit läßt sich allein durch Drehen des Spiegels S 1 in Dispersionsrichtung des Gitters GI der rückgekoppelte Wellenlängenbereich und damit die Hauptemissionswellenlänge der Anordnung wählen.

Die nutzbare Laserstrahlung wird dagegen über die nullte Beugungsordnung des Gitters ausgekoppelt, wozu beispielsweise eine Optik EO die Strahlung in einen Lichtwellenleiter LWL fokussiert. Unabhängig von der Wellenlängeneinstellung erscheint die nutzbare Strahlung immer am selben Ort.

Nachteil derartiger Anordnungen, die in dieser oder ähnlicher Art weit verarbeitet sind, ist zum einen die hohe Empfindlichkeit schon gegen geringfügige Dejustierungen. Da z.B. die optisch wirksame Facette eines Halbleiterlasers sehr klein ist, ist eine besondere Stabilität des Aufbaus hinsichtlich Verkippungen des Strahlenganges senkrecht zur Dispersionsrichtung nötig. Das betrifft die Lagerung des drehbaren Spiegels, die Stabilität der Gitterhalterung, des Lasers sowie des Kollimators. Bei derartigen Aufbauten sind drei Freiheitsgrade zu kontrollieren, wovon nur einer zwingend notwendig ist, nämlich die Drehung des Spiegels zur Wellenlangendurchstimmung. Die Verschiebung des Lasers senkrecht zur Dispersionsrichtung des dispergierenden Elementes sowie die zur Fokussierung notwendige Verschiebung des Laserchips entlang der optischen Achse sind in optimaler Stellung zu halten, ohne daß sie die

Seite 4 --- (DE)

Verstellung irgendeines Ausgangsparameters gestatten. Erschwerend ist dabei, daß diese beiden unabhängig verstellbaren Koordinaten nicht voneinander getrennt optimierbar sind, sondern es naturgemäß innerhalb dieser zweidimensionalen Justiermöglichkeit nur eine optimale Stellung gibt. Oft wird für diese Aufgabe eine gesonderte Regelung benutzt.

Ein weiterer Nachteil derartiger Anordnungen besteht darin, daß nicht spektral gereinigte Strahlung, sondern ein Anteil des gesamten Strahlungsgemisches, das sich im Resonator befindet, einschließlich der spontanen Emission und mehr oder weniger starker Nebenmoden, als nutzbare Strahlung aus dem Resonator geführt wird. Da die Auskopplung der Strahlung zudem über einen anderen Zweig als die Rückkopplung erfolgt, können ohne zusätzliche Mittel kaum vermeidbare Reflexionen von der externen Anordnung, in der die Laserstrahlung verwendet wird, die Strahlung im Resonator stark beeinflussen, wobei eine solche Rückkopplung üblicherweise nicht wellenlängenselektiv erfolgt. Dies gilt naturgemäß besonders bei Vorhandensein einer optischen Abbildung der Laserfacette auf eine zumindest teilreflektierende, nicht notwendig spiegelnde Fläche {z.B.

Lichtwellenleiter, Empfängerflächen), da derartige Aufbauten als Retroreflektor wirken.

Es sind Lösungen bekannt, die entweder die Gewinnung weitgehend spektral reiner Strahlung erlauben, als auch solche, die mit besonderen Maßnahmen die Justiertoleranz eines solchen Laserresonators erhöhen und so den Aufbau eines vergleichsweise robusten Gerätes gestatten. Eine Anordnung, die beide dieser Merkmale vereint, ist jedoch noch nicht bekannt.

Seite 5 --- (DE)

Den Stand der Technik zur Gewinnung spektral reiner Strahlung verkörpert in diesem Zusammenhang die DE-AS 29 18 863. Bei dieser Erfindung wird im wesentlichen die Strahlung, die den Resonator schon verlassen hat, in eine Vorrichtung zu ihrer spektralen Reinigung geleitet, wobei, insbesondere das zur Wellenlangenselektion des Lasers dienende dispergierende Element von dieser Vorrichtung ebenfalls unter zumindest weitgehend gleichen Bedingungen benutzt wird. Dadurch wird erreicht, daß unabhängig von der Wellenlängeneinstellung des Lasers automatisch die entsprechend gefilterte Strahlung die Anordnung verläßt. Nachteil ist jedoch noch, daß im wesentlichen nur das dispergierende Element doppelt benutzt wird und damit noch immer verschiedene zusätzliche Bauteile zur Umleitung der Strahlung in den Filtermechanismus und für diesen selbst erforderlich sind. In einer Variante ist in der genannten DE-AS 29 18 863 eine Anordnung beschrieben, bei der ein Teil der gefilterten Strahlung im Resonator verbleibt bzw. in diesen zurückgeführt wird. Auch hierbei sind jedoch bis auf das dispergierende Element noch Laser und Filtervorrichtung beide vorhanden. Darüber hinaus verläßt auch ein wesentlicher Anteil nichtgefilterter Strahlung den Resonator über einen notwendigerweise vorhandenen Teilerspiegel, wodurch dieser Anteil verloren geht.

Ebenfalls mit der Gewinnung spektral gereinigter Strahlung befaßt sich die DE-OS 42 16 001 Al. Hierbei laufen Gesamtstrahlung im Resonator und spektral gereinigter Anteil unter verschiedenen Winkeln durch den Resonator, so daß diese getrennt werden können. Hierbei werden jedoch mehrere Bauteile unter streifendem Einfall betrieben, was die Anwendbarkeit dieser Erfindung beeinträchtigt. Außerdem durchläuft

Seite 6 --- (DE)

auch die spektral gereinigte Strahlung unmittelbar vor der Auskopplung noch einmal das Lasermedium, wodurch die spektrale Reinheit wieder in Frage gestellt wird.

Der Stand der Technik zur Erhöhung der Justiertoleranz bei Lasern mit externen Resonatoren wird im wesentlichen von zwei Lösungen bestimmt:

Die erste Lösung ist in P. Zorabedian and W. R. Trutna, Jr. : Interference-filter-tuned, alignment-stabilized, semiconductor external-cavity laser, OPTICS LETTERS / Vol. 13, No. 10, pp 826...828 beschrieben. Zur justiertoleranten Rückkopplung der Laserstrahlung wird ein Katzenaugen-Retroreflektor (sammelnde Optik mit Spiegel in deren Brennebene) benutzt. Als selektives Element befindet sich im parallelen Strahlengang innerhalb des Resonators ein Interferenzfilter. Zur Durchstimmung der Laserwellenlänge ist dieses Filter drehbar gelagert. Die Auskopplung der nutzbaren Strahlung erfolgt aus der dem externen Resonator abgewandten Facette des Laserchips.

Nachteile dieser Anordnung sind jedoch, daß die breitbandige spontane Emission sowie die Nebenmoden nicht ohne wesentliche weitere Mittel von der nutzbaren Strahlung zu trennen sind sowie die Beschränkung durch die Eigenschaften eines Interferenzfilters.

Eine weitere Möglichkeit zum Aufbau eines justierstabilen Lasers mit externem Resonator beinhaltet die EP 0 525 752 Al. Hierbei wird im Prinzip ebenfalls ein Katzenaugen-Retroreflektor angewandt, seine Wirkung jedoch auf eine Koordinate begrenzt.

Durch eine geeignete Kombination aus Prismen und einer Zylinderoptik zur Strahlformung sowie den Einsatz eines

Seite 7 --- (DE)

Beugungsgitters als Reflektor ergibt sich, daß eine Abbildung der Laserfacette auf das Gitter nur senkrecht zur Dispersionsrichtung erfolgt. In Dispersionsrichtung ist das Gitter treffende Strahlbündel jedoch weitestgehend parallel und relativ breit. Auf diese Weise wird erreicht, daß das Gitter ohne Einschränkung zur Durchstimmung der Laserwellenlänge benutzt werden kann, andererseits die Anordnung weitgehend tolerant gegenüber einer Gitterkipfung senkrecht zur Dispersionsrichtung ist. Auch dieser Aufbau gestattet ohne zusätzliche Mittel keine Abtrennung der breitbandigen spontanen Strahlung und der Nebenmoden aus dem nutzbaren Strahlungsanteil.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Resonatoranordnung für ein breitbandig verstärkendes, schmalbandig durchstimmbares Lasermedium, insbesondere Halbleiterlaser, zu finden, die sich bei einfachem Aufbau durch hohe Justiertoleranz als auch gleichzeitig durch weitgehende Freiheit von ASE und Nebenmoden auszeichnet.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil der Hauptansprüche in Verbindung mit den Merkmalen im jeweiligen Oberbegriff gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

Dabei ist von besonderem Vorteil, daß die kollimierte Laserstrahlung ein winkel- bzw. lineardispersierendes Element durchläuft und danach in einen besonderen Katzenaugen-Retroreflektor gelangt, der am Ort seines Reflektors ein Raumfilter enthält, derart, daß im Zusammenhang mit der Dispersion des dispergierenden Elementes nur spektral gefilterte Strahlung das

Seite 8 --- (DE)

•••&idagr; &igr; *.*&idigr;&igr;

Raumfilter passiert und außerdem der genannte Reflektor teildurchlässig ausgeführt ist, so daß dieselbe, selektierte Strahlung sowohl zur justierstabilen Rückkopplung dient sowie als nutzbarer Anteil aus dem Resonator geführt wird. Da der von der Auskoppelfläche in den Resonator reflektierte Strahlungsanteil zugleich für die Rückkopplung vorgesehen ist, entfällt das Problem unerwünschter Reflexionen an der Auskoppelfläche. Eventuelle Reflexionen aus der die nutzbare Strahlung verarbeitenden Anordnung wirken sich auch ohne weitere Mittel ebenfalls nur wenig störend aus, da diese eventuelle Stör-Rückkopplung ausschließlich die selektierte Wellenlänge enthält.

Die Erfindung soll im folgenden an mehreren Ausführungsbeispielen erläutert werden.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Grundvariante der Erfindung

Fig. 2 eine durchstimmbare Laserlichtquelle gemäß dem bekannten Stand der Technik

25

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsvariante

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer zweiten speziellen Ausführungsvariante

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer dritten speziellen Ausführungsvariante

Seite 9 --- (DE)

&phgr;&phgr; &phgr;&phgr;&phgr;&phgr; · · · · · Φ · · · · · • · · · ? &phgr; S ?&phgr;»

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer vierten speziellen Ausführungsvariante

Fig. 7 eine schematische Darstellung einer speziellen Anordnung des Lasermediums

Fig. 8 eine schematische Darstellung einer weiteren speziellen Anordnung des Lasermediums.

Die Grundvariante der Erfindung ist in Fig. 1 dargestellt. Die vom Lasermedium LD einschließlich eines Resonatorenspiegels, im vorliegenden Ausführungsbeispiel einer Laserdiode, kommende Strahlung wird durch den Kollimator KO, der eine beugungsbegrenzte Abbildung erlaubt und zweckmäßig aus einer Asphäre besteht, zunächst in ein im wesentlichen paralleles Bündel überführt. Dieses Bündel gelangt auf das in Dispersionsrichtung drehbar angeordnete dispergierende Element GI, hier ein Beugungsgitter, welches wiederum zweckmäßig für eine sehr hohe Effektivität für den vorgesehenen Wellenlängenbereich bei der vorhandenen Polarisationsrichtung ausgelegt ist. Des geringen Streulichtanteils wegen ist hierfür ein holographisch hergestelltes Gitter besonders geeignet. Die gebeugte Strahlung der jeweils selektierten Wellenlänge gelangt in einen Teil 0 des abbildenden Systems, im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine ebenfalls beugungsbegrenzte Optik, die ein Bild der optisch wirksamen Laserfacette in der Ebene des als Spalt ausgebildeten Raumfilters SP entwirft. Der Spalt SP läßt nur Strahlung eines eng begrenzten Wellenlängenintervalls um die selektierte Wellenlänge passieren. Zweckmäßig wird ein solcher Spalt SP gewählt, der den Strahlungsanteil, den er nicht hindurchläßt, auch nicht reflektiert. Dies läßt sich durch Schwärzung des Spaltes SP und / oder eine

Seite 10 --- (DE)

geeignete Geometrie der Spaltbacken erreichen. Im wesentlichen in derselben Ebene wie der Spalt SP befindet sich die eben polierte, teilverspiegelte Stirnfläche R eines Lichtwellenleiters LWL. Der Anteil von reflektierter zu durchgelassener Strahlung läßt sich für den Gesamtresonator durch Herstellung der entsprechenden Teilverspiegelung optimieren. Die Fläche des Reflektors R sorgt nun zusammen mit dem Spalt SP für die selektive Rückkopplung. Zugleich wird die derart gefilterte Strahlung als nutzbare Strahlung in den Lichtwellenleiter LWL eingespeist. Justierabweichungen, die in einer Kippung des Gitters GI senkrecht zur Dispersionsrichtung oder gleichwirkenden Fehlern oder in einer Kippung der Lichtwellenleiterfacette bestehen, wirken sich wegen des Katzenaugen-Retroreflektors nur vergleichsweise sehr wenig aus, wodurch die hohe Justierstabilität erreicht wird.

Für viele Einsatzfälle, insbesondere auch für die Ramanspektroskopie, wird spektral reine Strahlung bei robustem Aufbau und zugleich hoher verfügbarer Strahlungsleistung benötigt. Hierfür ist ein weiteres Ausführungsbeispiel (Fig. 3) vorgesehen. Als Lasermedium LD dient hierbei eine einseitig weitgehend entspiegelte Breitstreifen-Laserdiode. Da die optisch wirksame Facette einer derartigen Diode vielfach breiter als bei Kleinleistungs-Laserdioden ist (typ. z.B. 0,2 mm... 0,5 mm gegenüber wenigen μm ; bei Laserdioden kleiner Leistung), ist eine Abwandlung der Resonatoranordnung erforderlich. Um im Zusammenhang mit der breiten Facette die angestrebte spektrale Schmalbandigkeit zu erreichen, kommt nun eine Anordnung der Facette parallel zum Spalt SP und parallel zu den Gitterfurchen in Frage. Nun strahlen aber

Seite 11 --- (DE)

Halbleiterlaser üblicherweise mit dem E_{gr} -Vektor parallel polarisiert zum pn-übergang (die optisch wirksame Facette liegt ebenfalls in der Ebene des pn-Übergangs). Die höchste Beugungseffektivität des Gitters GI läßt sich aber im wesentlichen nur für den E-Vektor senkrecht zu den Gitterfurchen erreichen. Zur Lösung dieses Problems wird im parallelen Strahlengang zwischen Kollimator KO und Gitter GI ein geeigneter 90° -Polarisationsdreher PD, z.B. eine $\lambda/2$ -Platte eingefügt. Wird nun der Aufbau so ausgelegt, daß er, wie oben beschrieben, spektrale Schmalbandigkeit der Selektion ermöglicht, wird die Polarisationssebene der Strahlung vor dem Erreichen des Gitters GI in die für hohe Beugungseffektivität notwendige Richtung gedreht.

Nachdem das Gitter GI in Hin- wie Rückrichtung durchlaufen worden ist, wirkt der Polarisationsdreher PD abermals, so daß die rückgekoppelte Strahlung den Laser wieder mit der ursprünglichen Polarisationsrichtung trifft.

Ein weiteres Problem im Zusammenhang mit der Benutzung von Breitstreifenlasern besteht darin, daß in der Regel das Bild der Laserfacette so groß wird, daß eine Einkopplung in einen hinreichend dünnen Lichtwellenleiter LWL nicht mehr möglich ist. Nun ist durch die gegebenen Verhältnisse dieses Bild gegenüber der Originalfacette üblicherweise mehrfach vergrößert.

Das genannte Problem läßt sich daher dadurch beheben, daß die Laserfacette nicht auf ein Lichtwellenleiterende, sondern auf die ebene, teilverspiegelte Fläche einer als Plankonvexlinse ausgebildeten Auskoppeloptik L abgebildet wird. In der Brennebene dieser Linse L spielt es keine Rolle mehr, wie groß das Bild der Laserfacette auf der Linse L ist.

Seite 12 --- (DE)

Die Größe des Brennflecks in der Brennebene der Linse L hängt hier nur von ihrer Brennweite und der Apertur der Strahlung ab, mit der das Bild der Laserfacette auf der Linse L erzeugt wurde. Im Zusammenhang mit der oben erwähnten vergrößerten Abbildung der Laserfacette bedeutet dies aber, daß diese Apertur vergleichsweise klein ist, so daß nach diesem Prinzip eine Einkopplung in einen hinreichend dünnen Lichtwellenleiter LWL erfolgen kann.

An Stelle eines Breitstreifenlasers kann ebenso eine Laserdiodenzeile benutzt werden. Dabei hat die erfindungsgemäße Anordnung den Vorteil, daß weitgehend jede Einzeldiode exakt mit sich selbst rückgekoppelt wird.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, daß im wesentlichen eine Anordnung wie in Fig. 3 mit einer Laserdiodenzeile verwendet wird, jedoch mit dem Unterschied, daß als Rück- und Auskoppellemente ähnlich wie in Fig. 1 die eben polierten, teilverspiegelten Enden von Lichtwellenleitern LWL benutzt werden, und zwar derart, daß dem Bild jeder Einzeldiode ein eigener Lichtwellenleiter LWL zugeordnet ist. Auf diese Weise ergibt sich eine Vielfach-Laserlichtquelle, die mit nur einem Element zugleich alle Teillichtquellen synchron durchzustimmen gestattet. Wegen der Einkopplung in Lichtwellenleiter LWL kann die Laserstrahlung zugleich an relativ weit voneinander entfernte Orte geleitet werden. Diese Eigenschaft kann besonders für die Raman-Spektroskopie von Vorteil sein, zumal bereits Raman-Spektrometer verfügbar sind, die mehrere Spektren zugleich aufnehmen können, wobei die Ramanstrahlung in der Regel über Lichtwellenleiter zum Spektrometer geführt wird.

Seite 13 --- (DE)

Unter Umständen kann es vorteilhaft sein, das Raumfilter SP räumlich getrennt vom Reflektor R anzuordnen. In diesem Fall kann in Strahlrichtung gesehen hinter dem Raumfilter SP eine Abbildung des Raumfilters SP erfolgen, wobei der Reflektor R am Ort der Abbildung des Raumfilters SP angeordnet wird. Ein Beispiel für dieses Prinzip ist in Fig. 4 dargestellt.

Eine weitere Variante der Erfindung (Fig. 5) hat eine nochmalige Reduzierung der ausgekoppelten Lumineszenz und Nebenmoden zum Inhalt.

Die im vorliegenden Fall von der einseitig entspiegelten Laserdiode LD ausgehende, vom Kollimator KO weitgehend in ein paralleles Bündel überführte Strahlung wird ein erstes Mal vom Gitter GI gebeugt und gelangt in die Optik O, und zwar parallel versetzt zu deren optischer Achse. Die Optik O entwirft ein vorzugsweise beugungsbegrenztes Bild um deren Brennpunkt herum. An diesem Ort ist eine in Dispersionsrichtung schmale, hochreflektierende, ebene Facette angeordnet, die zugleich als ein erstes Raumfilter und als ein erster Reflektor wirkt. Die von dieser Facette reflektierte Strahlung eines schmalen Wellenlängenbereiches gelangt nochmals in die Optik O, und zwar im Vergleich zum hinlaufenden Strahlenbündel entsprechend entgegengesetzt verschoben zu deren optischer Achse. Die Strahlung wird daraufhin ein zweites Mal am Gitter GI gebeugt und gelangt in eine Abbildungsoptik A, die ihrerseits ein beugungsbegrenztes Bild der Austrittsfacette der Laserdiode LD auf dem teildurchlässigen Reflektor R entwirft. Das im wesentlichen in derselben Ebene wie der Reflektor R angeordnete, als Spalt ausgeführte Raumfilter SP sperrt nochmals Strahlung außerhalb des gewählten Wellenlängenintervalls. Da der Reflektor

Seite 14 --- (DE)

teildurchlässig ausgeführt ist, durchläuft ein Teil der selektierten Strahlung den bisherigen Strahlengang noch einmal in entgegengesetzter Richtung und wird mit hoher Stabilität in die Laserdiode LD rückgekoppelt.

Der Vorteil dieser Ausführungsform gegenüber der Grundvariante besteht vor allem darin, daß die Strahlung vor der Auskopplung das Gitter zweimal an verschiedenen Stellen durchläuft und damit der ausgekoppelte Anteil des zwar sehr geringen, aber nicht vermeidbaren Streulichtes vom Gitter GI drastisch reduziert wird. Die Facette F wirkt zudem für den zweiten Durchlauf als definierter Eintrittsspalt. Zweckmäßig wird diese als stabiles Profil (z.B. H-Form) in einem Hohlraum, dessen Wände weitestgehend schwarz sind und keinen Ramaneffekt zeigen, angeordnet. Es ist sinnvoll, den Strahlengang von der Laserdiode LD und den Strahlengang zum Reflektor R durch eine Blendenanordnung gegeneinander abzuschirmen, damit möglichst wenig Streulicht, u.a. vom Gitter, in den Spalt SP gelangt.

Da die wieder in die Laserdiode LD rückgekoppelte Strahlung das Gitter insgesamt viermal durchläuft, ist die verfügbare Strahlungsleistung etwas geringer als bei der Grundvariante. Weil aber Gitter mit sehr hoher Beugungseffektivität zur Verfügung stehen, ist dieser Verlust an Leistung nicht wesentlich.

Eine Abwandlung dieser Variante zeigt Fig. 6. Im Unterschied zu dieser trifft das Strahlenbündel mit seiner Mittelachse nach erstmaliger Beugung am Gitter GI die Optik O nur wenig außerhalb der optischen Achse, so daß sich dieses Bündel mit dem von der Facette F reflektierten überlappt. Das vom Gitter GI abermals gebeugte Strahlenbündel überlappt sich wiederum mit dem von der Laserdiode LD ausgehenden. Auf diese Weise kann der vom Gitter zum zweiten Mal gebeugte, sich mit

Seite 15 --- (DE)

dem hingehenden Bündel überlappende Strahlungsanteil unmittelbar zur Rückkopplung in die Laserdiode verwendet werden, andererseits der nicht überlappende Anteil des zum zweiten Mal am Gitter GI gebeugten Bündels durch einen Spiegel T ausgeblendet werden. Die derart aus dem Resonator geführte Strahlung gelangt in eine Abbildungsoptik A, in deren Brennebene sich das in diesem Falle allein als Austrittsspalt wirkende Raumfilter SP befindet. An diesem Ort steht die nutzbare Strahlung zur Verfügung, nachdem sie wie im vorangegangenen Beispiel (Fig. 5) zweimal das Gitter GI durchlaufen hat.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel beinhaltet eine nochmalige Vereinfachung der Anordnung, wobei gleichzeitig eine Verkürzung der wirksamen Resonatorlänge erreicht wird. Hierbei entfällt in einer ersten Ausführungsform die abbildende Optik O. Ihre Funktion wird mit vom Beugungsgitter GI übernommen, das hierfür als abbildendes Gitter mit im benutzten Wellenlängenbereich weitestgehend beugungsbegrenzter Abbildungsqualität ausgeführt ist. In einer weiteren Ausführungsform ist das abbildende Gitter GI so ausgelegt, daß es auch die Aufgabe des Kollimators KO übernimmt.

Die Anwendbarkeit der Erfindung ist nicht auf Halbleiterlaseranordnungen beschränkt.

An Stelle der einseitig entspiegelten Laserdiode kann ein anderes geeignetes Lasermedium, z.B. ein Farbstoff mit entsprechender Pumpquelle und einem Resonatorendspiegel, verwendet werden, dessen Strahlengang z.B. in einen Spalt abgebildet wird. Fig. 7 zeigt ein mögliches Prinzip: Als Resonatorendspiegel dient ein Retroreflektor, der aus einer sammelnden Optik L 1 und einem Spiegel S 2 besteht. Eine weitere

Seite 16 --- (DE)

sammelnde Optik L 2 bildet den parallelen Strahlengang in ein Raumfilter RF ab. Zwischen den beiden sammelnden Optiken L 1, L 2 befindet sich das Lasermedium LM. Eine derartige Anordnung kann an Stelle einer Laserdiode in der erfindungsgemäßen Laserlichtquelle verwendet werden, wobei das Raumfilter RF die Rolle der Austrittsfacette der einseitig entspiegelten Laserdiode spielt.

Ein weiteres Beispiel zeigt Fig. 8. Hierbei ist die sammelnde Optik KO der Kollimator aus den Fig. 1, 3, 4, 5, 6. Ein vorzugsweise ebener Spiegel S 3, der in Dispersionsrichtung des dispergierenden Elementes GI (Fig. 1, 3 bis 6) vorzugsweise nur eine geringe Ausdehnung hat und in der Brennebene der sammelnden Optik KO steht, bildet mit dieser zusammen einen Retroreflektor. Durch Anordnung des Lasermediums LM im Strahlengang und Anordnung eines geeigneten Pumpmechanismus wird die Laserlichtquelle vervollständigt. Da hierbei die definierte Austrittsfacette in Form eines Raumfilters RF oder zumindest der optisch wirksamen Austrittsfacette einer Laserdiode fehlt, ist hierfür besonders ein Aufbau nach Fig. 5 oder nach Fig. 6 geeignet.

Die Erfindung ist nicht auf die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr ist es möglich, durch Kombination der Merkmale weitere Ausführungsvarianten zu realisieren, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Seite 17 --- (CL)

Schutzansprüche

1. Durchstimmbare Laserlichtquelle, im wesentlichen bestehend aus dem Lasermedium einschließlich einem Resonatorendspiegel, einem abbildenden System, einem winkel- bzw. lineardispersierenden Element und einem Reflektor, dadurch gekennzeichnet,

daß der Reflektor (R) derart angeordnet ist, daß er zusammen mit zumindest einem Teil (O) des abbildenden Systems einen weitgehend richtungsunabhängigen Retroreflektor nach dem Katzenaugen-Prinzip bildet bzw. sich der Reflektor

(R) am Ort des Bildes der Austrittsfläche des Lasermediums befindet, der Reflektor (R) außerdem teildurchlässig ausgeführt ist und sich zugleich wenigstens näherungsweise in der Ebene des Reflektors (R) auch ein Raumfilter (SP) oder dessen Bild befindet, so daß nur spektral gefilterte Strahlung das Raumfilter (SP) passieren kann, dadurch nur diese auf den Reflektor (R) gelangt und hier die Trennung von rückgekoppelter und ausgekoppelter, nutzbarer Strahlung erfolgt.

2. Durchstimmbare Laserlichtquelle, im wesentlichen bestehend aus dem Lasermedium einschließlich einem Resonatorendspiegel, einem winkel- bzw. lineardispersierenden Element, einem abbildenden System und zwei Reflektoren,

dadurch gekennzeichnet,

daß in der Laserlichtquelle zwei Retroreflektoren (O, F; A, R) nach dem Katzenaugen-Prinzip, jeweils gebildet aus einer sammelnden Optik (O, A) und

Seite 18 --- (CL)

einem der Reflektoren (F, R) in deren Brennebene, angeordnet sind, weiterhin optische Mittel angeordnet sind, die die vom Lasermedium ausgehende Strahlung als paralleles Bündel auf das dispersierende Element (GI) leiten, die optische Achse dieser Mittel parallel zur optischen Achse des zweiten Retroreflektors (A, R) angeordnet ist, diese beiden optischen Achsen nach dem Durchlaufen des dispersierenden Elementes (GI) den ersten Retroreflektor (O, F) symmetrisch und parallel zu dessen optischer Achse treffen, zugleich der zum ersten Retroreflektor (O, F) gehörende Reflektor (F) in Dispersionsrichtung des dispersierenden Elementes (GI) nur eine geringe Ausdehnung besitzt, dadurch von diesem nur ein schmaler Wellenlängenbereich der vom dispersierenden Element (GI) dispersierten Strahlung reflektiert wird und zugleich unmittelbar vor dem Reflektor (R) des zweiten Retroreflektors (A, R) ein Raumfilter (SP) angeordnet ist, das in Dispersionsrichtung des dispersierenden Elementes (GI) ebenfalls nur in geringer geometrischer Ausdehnung durchlässig ist, so daß abermals nur ein schmaler Wellenlängenbereich der bis dahin gelangten Strahlung das Raumfilter (SP) passieren kann und schließlich der zugehörige Reflektor (R) teildurchlässig ausgebildet ist, so daß an dieser Stelle zum einen die durch zweimalige Dispersion gefilterte Strahlung aus dem Resonator geführt wird und zum anderen der reflektierte Anteil der gefilterten Strahlung auf dem umgekehrten Wege wieder in das Lasermedium (LD) rückgekoppelt wird.

Seite 19 --- (CL)

3. Durchstimmbare Laserlichtquelle, im wesentlichen bestehend aus dem Lasermedium einschließlich einem Resonatorendspiegel, einem winkel- bzw. lineardispersierenden Element, einem abbildenden System und zwei Reflektoren,

dadurch gekennzeichnet,

daß in der Laserlichtquelle ein Retroreflektor (O, F) nach dem Katzenaugen-Prinzip, gebildet aus einer sammelnden Optik (O) und einem Reflektor (F) in deren Brennebene, angeordnet ist, weiterhin optische Mittel angeordnet sind, die die vom Lasermedium ausgehende Strahlung als paralleles Bündel auf das dispersierende Element (GI) leiten, die optische Achse dieser Mittel nach dem Durchlaufen des dispersierenden Elementes (GI) den Retroreflektor (O, F) parallel versetzt zu dessen optischer Achse trifft, wobei der zum Retroreflektor (O, F) gehörende Reflektor (F) in Dispersionsrichtung des dispersierenden Elementes (GI) nur eine geringe Ausdehnung besitzt, dadurch von diesem nur ein schmaler Wellenlängenbereich der vom dispersierenden Element (GI) dispersierten Strahlung reflektiert wird, wobei sich die durch die sammelnde Optik (O) hin- und rücklaufenden Bündel teilweise überlappen, dadurch auch innerhalb des vom Lasermedium ausgehenden Bündelquerschnitts ein Teil des vom dispersierenden Element (GI) zum zweiten Mal dispersierten Strahlungsbündels in das Lasermedium zurücktrifft und zugleich im wesentlichen der nichtüberlappende Teil des vom dispersierenden Element zum zweiten Mal dispersierten Strahlungsbündels über einen Spiegel (T) in eine sammelnde Optik (A) mit einem in ihrer Brennebene angeordneten Raumfilter (SP), das in Dispersionsrichtung des dispersierenden Elementes

Seite 20 --- (CL)

nur in einer geometrisch geringen Ausdehnung durchlässig ist, geleitet wird, so daß an dieser Stelle nochmals nur ein schmaler Wellenlängenbereich der bis dahin gelangten Strahlung als nutzbare Strahlung aus dem Resonator geführt wird.

4. Durchstimmbare Laserlichtquelle nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß die wirksame Fläche des Reflektors (R) eben ist.

5. Durchstimmbare Laserlichtquelle nach einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß das dispersierende Element (GI) ganz oder teilweise auch die Funktion des abbildenden Systems übernimmt.

6. Durchstimmbare Laserlichtquelle nach mindestens einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß als Reflektor (R) die teilreflektierende Stirnfläche eines Lichtwellenleiters (LWL) dient und damit die nutzbare, spektral gefilterte Laserleistung an dessen Ausgang zur Verfügung steht.

Seite 21 --- (CL)

7. Durchstimmbare Laserlichtquelle nach mindestens einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß als Reflektor (R) die teilreflektierende, nicht notwendig erste Fläche einer Auskoppeloptik (L) dient.

8. Durchstimmbare Laserlichtquelle nach mindestens einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß das dispersierende Element (GI) ein Beugungsgitter ist.

9. Durchstimmbare Laserlichtquelle nach mindestens einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß in Strahlrichtung gesehen vor dem Beugungsgitter (GI) ein 90-Grad Polarisationsdreher (PD) angeordnet ist, um abhängig von der Polarisationsrichtung der Laserstrahlung das Beugungsgitter (GI) bei höchster Beugungseffektivität zu benutzen, wobei die in das Lasermedium (LD) rückgekoppelte Strahlung dieses wieder in der ursprünglichen Polarisationsrichtung trifft.

10. Durchstimmbare Laserlichtquelle nach mindestens einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Lasermedium (LD) ein Halbleiterlaser dient.

Seite 22 --- (CL)

11. Durchstimmbare Laserlichtquelle nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,

daß die Austrittsfläche des Halbleiterlasers weitgehend entspiegelt ist.

12. Durchstimmbare Laserlichtquelle nach mindestens einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß als Lasermedium (LD) eine Zeile von Halbleiterlasern dient.

13. Durchstimmbare Laserlichtquelle nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,

daß sich am Ort jedes Einzellaserbildes die teilreflektierende Eintrittsfläche je eines Lichtwellenleiters befindet, derart, daß damit mehrere, synchron durchstimmbare Laserlichtquellen zur Verfügung stehen und daß damit die Strahlung der Einzellaserlichtquellen zugleich an relativ weit voneinander entfernte Orte geleitet werden kann.

14. Durchstimmbare Laserlichtquelle nach mindestens einem der voranstehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß zwischen dem Lasermedium (LD) und dem dispergierenden Element (GI) ein Kollimator (KO) angeordnet ist.

Seite 23 --- (CL)

15. Laserlichtquelle nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß als Lasermedium einschließlich einem Resonatorenspiegel ein Aufbau, bestehend aus einem Resonatorenspiegel bzw. einem Retroreflektor (L 1, S 2), dem Lasermedium (LM) sowie einer Optik (L 2) und einem Raumfilter (RF) in deren Brennebene vorhanden ist, und dieser Aufbau mit seinem Raumfilter (RF) wie die Austrittsfläche einer Laserdiode angeordnet ist

16. Laserlichtquelle nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß in der rückwärtigen Brennebene der Optik (KO) an Stelle der Austrittsfläche einer Laserdiode ein Resonatorenspiegel (S 3) angeordnet ist und sich das Lasermedium an einer beliebigen Stelle zwischen diesem Resonatorenspiegel (S 3) und dem dispergierenden Element (GI) befindet.

17. Laserlichtquelle nach Anspruch 16,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Resonatorenspiegel (S 3) in Dispersionsrichtung des dispergierenden Elementes (GI) nur eine geometrisch geringe Ausdehnung besitzt.

Seite 24 --- (DR)

Seite 25 --- (DR)

Seite 26 --- (DR)

Seite 27 --- (DR)

Seite 28 --- (DR)

Seite 29 --- (DR)

Seite 30 --- (DR)