



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 197 80 124 B4 2007.02.15**

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **197 80 124.2**
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP97/00823**
 (87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1997/031284**
 (86) PCT-Anmeldetag: **20.02.1997**
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **28.08.1997**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **15.02.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 27/09 (2006.01)**
G02B 27/14 (2006.01)

Innerhalb von drei 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. 2 Patentkostengesetz).

(66) Innere Priorität:
196 06 859.2 23.02.1996

(73) Patentinhaber:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
 angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

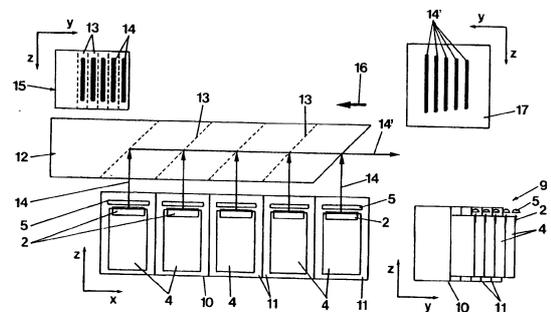
(74) Vertreter:
**Grimm, E., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 63075
 Offenbach**

(72) Erfinder:
**Du, Keming, 52062 Aachen, DE; Loosen, Peter,
 52076 Aachen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
US 49 78 197

(54) Bezeichnung: **Anordnung zur Formung des geometrischen Querschnitts mehrerer Festkörper- und/oder Halbleiterlaser**

(57) Hauptanspruch: Anordnung zur Formung des geometrischen Querschnitts eines Strahlungsfelds mehrerer Festkörper- und/oder Halbleiterlaser mit mehreren Lasern und/oder Laserfeldanordnungen, deren jeweilige Strahlaustrittsöffnungen in einer in der x-y-Ebene liegenden Richtung verlaufen und deren Strahlenbündel jeweils in der z-Richtung abgestrahlt werden, wobei die x-, y- und z-Richtungen ein rechtwinkliges Koordinatensystem festlegen, mit einem optischen Aufbau zur Erzeugung eines definierten Querschnitts eines Strahlungsfelds, wobei der optische Aufbau reflektive, zueinander versetzte Elemente aufweist und wobei jedem Laser oder jeder Laserfeldanordnung mindestens ein reflektives Element zugeordnet ist, auf das die Strahlung des jeweiligen Lasers oder der jeweiligen Laserfeldanordnungen geführt wird und an dem die Strahlung reflektiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Laser oder jede Laserfeldanordnung (2) in Bezug auf den benachbarten Laser oder die benachbarte Laserfeldanordnung (2) sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung versetzt ist und daß die Reflexionsflächen (13) der reflektiven Elemente (12; 18) in Ebenen angeordnet sind, die einen Versatz und/oder eine Verkippung derart...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zur Formung des geometrischen Querschnitts eines Strahlungsfelds mehrerer Festkörper- und/oder Halbleiterlaser gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Eine solche Anordnung ist aus der US-PS 4,978,197 bekannt, bei der mehrere Laser in einer Reihe in der x-Richtung und eine zweite Reihe Laser, ebenfalls in x-Richtung, hintereinander angeordnet sind. Die einzelnen Laserstrahlen, betrachtet man eine lineare Anordnung der Strahlquellen, die sich in x-Richtung hintereinander erstrecken, fallen auf jeweilige, diesen Strahlen zugeordnete Spiegel, die zueinander versetzt sind, und zwar in der z-Richtung. Die einzelnen Strahlen werden an den Spiegeln umgelenkt und auf einen Polarisationsstrahlteiler geführt und nochmals umgelenkt. Das Strahlungsfeld der zweiten linearen Anordnung wird entsprechend der ersten Anordnung wiederum an Prismenspiegeln reflektiert und auf einen Umlenkspiegel geführt, um die Strahlen dann in dem Polarisationsstrahlteiler an dessen halbdurchlässiger Spiegelfläche mit den einzelnen Strahlungsanteilen der ersten linearen Feldanordnung zu vereinigen, so daß sich aus den Strahlungsanteilen kombinierte Strahlen ergeben.

[0003] Diodenlaser sind aufgrund ihres hohen Wirkungsgrads und deren geringen Abmessungen von großem Interesse. Allerdings ist die Ausgangsleistung jedes einzelnen Diodenlaseremitters auf einige hundert mW begrenzt. Zur Steigerung der Leistungsfähigkeit werden Diodenlaseremitter in der pn-Übergangsebene als eine Emittergruppe zusammengefaßt. Eine solche Gruppe, die beispielsweise aus 20 Emittern aufgebaut ist, kann eine Leistung von einigen Watt abgeben. Zur weiteren Erhöhung der Ausgangsleistung werden darüberhinaus mehrere Emittergruppen in der pn-Übergangsebene nebeneinander angeordnet. Dadurch entsteht ein sogenannter Diodenlaserbarren, dessen Breite typischerweise 10 mm beträgt. Mit solchen Diodenlaserbarren können einige 10 Watt erzielt werden.

[0004] Für Anwendungen, wie beispielsweise auf dem Gebiet der Materialbearbeitung, werden allerdings Leistungen oberhalb einiger 100 Watt benötigt. Um zu diesen Leistungen zu gelangen, werden mehrere Diodenlaserbarren in der Fast-Richtung übereinander gestapelt. Es entsteht ein Diodenlaserstack bzw. eine Diodenlaserfeldanordnung, auch als Diodenlaserarray bezeichnet, wie dies in **Fig. 2** der beigefügten Zeichnungen schematisch dargestellt ist. Eine detailliertere Beschreibung der **Fig. 2** ist in der nachfolgenden Beschreibung der einzelnen Figuren vorgenommen, auf die an dieser Stelle verwiesen

wird.

[0005] Ein wesentliches Problem, insbesondere bei der Skalierung der Leistungen von Diodenlasern zu höheren Leistungen hin, ergibt sich durch die starken, thermischen Belastungen. Um ausreichend Wärme abzuführen, müssen entsprechende Wärmesenken für die Diodenemitter vorgesehen werden. Große Wärmesenken, d.h. entsprechend dimensionierte Kühlkörper, sind konträr zu dem Ziel, die Diodenlaseremitter bzw. die Strahlungsausstrittsflächen der Emitter möglichst dicht zueinander zu stapeln, um die erwünschten, hohen Leistungsdichten zu erhalten. Aus diesem Grund ist es herkömmliche Praxis, die Wärmesenken als dünne Platten aufzubauen, die typischerweise eine Dicke von 1 mm bis 1,5 mm aufweisen. Derartig dünne Wärmesenken leisten aber zum einen keine ausreichende Wärmeabfuhr, zum anderen sind sie thermisch und mechanisch nicht stabil genug, so daß erhebliche Fehljustierungen in Bezug auf die Emitterflächen zu beobachten sind und damit die definierte Strahlführung nicht gewährleistet ist.

[0006] Eine weitere Folge solcher dünnen Wärmesenken ist, daß enge Fertigungstoleranzen eingehalten werden müssen. Geringe Abweichungen von diesen Fertigungstoleranzen führen zu Fehlern in Bezug auf die Abstrahlrichtung, was durch nachgeschaltete optische Einrichtungen praktisch nicht korrigiert werden kann.

[0007] Weiterhin ist es problematisch, die einzelnen übereinander gestapelten Diodenlaserbarren zusammen mit den dünnen Wärmesenken gegen Wasser, das als aktives Kühlfluid dient, abzudichten und gleichzeitig den elektrischen Kontakt für die Stromversorgung herzustellen, ohne daß hierbei die Abstrahlrichtung der einzelnen Diodenlaseremitter negativ beeinflusst wird.

[0008] Schließlich ist anzuführen, daß dann, wenn ein einzelner Diodenlaserbarren ausgefallen ist, der ganze Stapel, der aus einer Vielzahl von Diodenlaserbarren aufgebaut ist, zerlegt werden muß, da ansonsten die innenliegenden Barren nicht zugänglich sind. Bei dem erneuten Zusammenbau muß dann die gesamte nachgeschaltete Optik neu justiert werden.

[0009] Aufgrund der vorstehenden Nachteile und der mit einer herkömmlichen Stapelung von Diodenlaserbarren verbundenen Problematik sind die herkömmlichen Diodenlaserfeldanordnungen nicht für bestimmte Anwendungen, wie die Fasereinkopplung, usw., wo eine Kollimation der Divergenz in Fast-Richtung erforderlich ist, geeignet. Weitere Verfahren, wie sie nach dem Stand der Technik bekannt sind, die aufwendige optische Einrichtungen verwenden, um die Strahlung einzelner Diodenlaseremitter oder Diodenlaserbarren zusammenzuführen, ergeben Strah-

lungsfelder, die in der Intensitätsverteilung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung nicht definiert eingestellt werden können.

Aufgabenstellung

[0010] Ausgehend von der vorstehend geschilderten Problematik liegt der vorliegenden Erfindung nun die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Formung des geometrischen Querschnitts eines Strahlungsfelds der Art, wie sie eingangs angegeben ist, so weiter zu bilden, daß die von einer Vielzahl von Diodenlaserfeldanordnungen bzw. Diodenlaserarrays abgegebene Strahlung, oder die Strahlung, die von einzelnen Diodenlaserbarren abgegeben wird, mit einfachen und kostengünstigen Maßnahmen zu Strahlungsfeldern einer gewünschten Anordnung und Verteilung der Leistungsdichte geformt und/oder zusammengefügt werden kann, und zwar mit einer hohen Packungsdichte der Laser, und mit denen gleichzeitig die nötige thermische und mechanische Stabilität gewährleistet wird.

[0011] Die vorstehende Aufgabe wird unter Weiterbildung der eingangs genannten, bekannten Anordnung dadurch gelöst, daß jeder Laser oder jede Laserfeldanordnung in Bezug auf den benachbarten Laser oder die benachbarte Laserfeldanordnung sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung versetzt ist und daß die Reflexionsflächen der reflektiven Elemente in Ebenen angeordnet sind, die einen Versatz und/oder eine Verkipfung derart zueinander aufweisen, daß die jeweiligen, von den Reflexionsflächen reflektierten Strahlungsanteile senkrecht zur z-Richtung gegenüber dem Versatz der Strahlungsausstrittsflächen zueinander versetzt sind. Durch den jeweiligen Versatz benachbarter Laser oder Laserfeldanordnungen zueinander wird ausreichender Raum gewonnen, um die jeweiligen Diodenlaser, vorzugsweise Diodenlaserbarren, voneinander zu beabstanden, um diesen Freiraum für entsprechende Wärmesenken, auf denen die jeweiligen Diodenlaser oder Diodenlaserbarren angeordnet sind, auszunutzen. Dieser Versatz der einzelnen Laserdioden bzw. Laserdiodenbarren erfolgt in zwei zueinander senkrecht stehenden Richtungen, die nicht mit den Abstrahlrichtungen der Diodenlaser bzw. Diodenlaserbarren zusammenfallen. Um die Strahlen dann zu einem Strahlenfeld zusammenzuführen, werden reflektive Elemente eingesetzt, die einen Versatz derart haben, daß die jeweiligen Strahlenquerschnitte vorzugsweise zu einem Strahlenfeld zusammengeführt werden oder aber auch überlagert werden.

[0012] Wie noch nachfolgend anhand der Ausführungsbeispiele erläutert wird, werden die Strahlungen der Diodenlaser bzw. Diodenlaserbarren zunächst kollimiert, und zwar in der Fast-Richtung, das bedeutet in der Richtung senkrecht zu dem pn-Übergang der Diodenlaser, bevor die Strahlungen dann

auf die Reflexionsflächen der jeweiligen Reflexionselemente fallen.

[0013] Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Anordnung ist derjenige, daß die Abstrahlflächen aller Diodenlaser bzw. Diodenlaserbarren in einer Ebene liegen können, was zu einer einfachen Justierbarkeit und räumlichen Anordnung der Diodenlaser hinsichtlich der elektrischen Kontaktierung und der Kühlwasserführung, falls aktiv gekühlt wird, führt. Mit der erfindungsgemäßen Anordnung wird demzufolge bereits in Bezug auf die Diodenlaser oder die Diodenlaserbarren ein definierter Versatz erzeugt, beispielsweise unter treppenstufenartiger Anordnung der Strahlenausstrittsflächen, und zwar Betrachtung der Anordnung der Laserdioden oder Laserdiodenbarren in einer Draufsicht auf die Strahlenausstrittsfenster, während die versetzten Strahlenanteile dann mit den reflektiven Elementen wieder zusammengeführt werden. Durch diesen definierten, treppenstufenartigen Versatz ist die Voraussetzung geschaffen, die einzelnen Strahlungsanteile dann definiert zusammenschieben oder zu einem definierten Strahlungsfeld in einer in Austrittsebene zusammensetzen, wobei hierzu nur ein reflektives Element jedem Strahlenbündel zugeordnet wird, d.h. es ist nur ein minimaler optischer Aufbau erforderlich, mit der Folge, daß die Verluste sehr gering gehalten werden können.

[0014] Es wird ersichtlich, daß durch den Versatz der jeweiligen Laserdioden oder Laserdiodenbarren die jeweiligen Laser von oben und unten frei zugänglich sind und demzufolge an die Ausdehnung der Kühlkörper keine Grenzen gesetzt sind, da über diesen Raum beliebig verfügt werden kann; gleiches gilt für die Ausdehnung der Kühlkörper in einer Richtung entgegengesetzt zu den Abstrahlrichtungen der jeweiligen den Laser.

[0015] Weiterhin bietet die erfindungsgemäße Anordnung den Vorteil, daß die Leistung der Anordnung basierend auf einer Grundanordnung dieses treppenstufenartigen Versatzes der einzelnen Diodenlaser durch Hinzufügen von weiteren Diodenlasern zu einer Grundanordnung und durch eine Vergrößerung der Länge der Diodenlaserbarren selbst zu höheren Leistungen skaliert werden, ohne das Grundprinzip zu verlassen. Zum Beispiel kann die Anordnung aus jeweiligen Grundanordnungen aufgebaut werden, beispielsweise Kühlkörper mit zwei, drei oder mehreren einzelnen Treppenstufen, auf denen die Diodenlaser angeordnet werden, um dann mehrere der Grundeinheiten modulartig zusammensetzen. Gleiches gilt für die reflektiven Elemente, an denen die jeweiligen Strahlungsanteile reflektiert werden, die auch modulartig durch treppenstufenartige Grundkörper mit verspiegelten Flächen aufgebaut werden können.

[0016] Mit der erfindungsgemäßen Anordnung wird

eine hohe mechanische und thermische Stabilität erzielt, insbesondere dann, wenn der Versatz der Laserdioden bzw. Laserdiodenbarren mittels eines Trägers erfolgt, der mehrere Diodenlaser oder Diodenlaserbarren auf treppenstufenartig versetzten Flächen trägt und gleichzeitig mit einer hohen Wärmekapazität ausgelegt wird, um die erforderliche Kühlung zu erzielen. Diese beiden Effekte wirken nicht gegenläufig, sondern ergänzen sich, da mit der größeren Dimensionierung der Trägerkörper zum einen eine effektivere Kühlung vorgenommen werden kann und zum anderen die mechanische Stabilität ansteigt.

[0017] Falls die Trägerkörper Fertigungstoleranzen zeigen, die zu groß sind, um die Diodenlaser exakt darauf anzuordnen, können die Diodenlaser durch eine nachträgliche Justierung auf den Trägerkörpern oder durch eine Justierung der dazu gehörigen, nachgeordneten, treppenstufenförmigen Spiegel-Elemente eingestellt werden, zumal die Diodenlaser so angeordnet werden können, daß sie gut zugänglich sind, da jeder Diodenlaserbarren bzw. jede Diodenlasereinheit nebeneinander versetzt angeordnet ist, d.h. problemlos zugänglich ist. In Bezug auf die Justierung können Ausrichtungsfehler durch eine direkte Stapelung der Diodenlaser oder Diodenlaserbarren vermieden werden, wie dies beim Stand der Technik auftritt, bei dem die einzelnen Diodenlaserbarren unmittelbar übereinander angeordnet sind. Beim Stand der Technik ist dann eine Justierung der dazwischenliegenden Diodenlaserbarren nicht möglich, da sie nicht zugänglich sind. Gerade eine solche Justierung ist mit der erfindungsgemäßen Anordnung gegeben, da jeder Diodenlaserbarren einzeln zugänglich ist und somit einer Justierung unterworfen werden kann. Schließlich ist zu erwähnen, daß dann, wenn bestimmte Diodenlaser oder Diodenlaserbarren ausfallen, nur die jeweilige Einheit, da sie gut zugänglich ist, ausgetauscht werden muß, gegebenenfalls mit der jeweiligen Kollimationsoptik und einer Neujustierung des neu eingesetzten Teils, wodurch der Serviceaufwand drastisch im Vergleich zur Anordnung nach dem Stand der Technik reduziert wird.

[0018] Die Anordnung bzw. der Versatz der jeweiligen Laser soll sequentiell der Reihenfolge der Laser entsprechen, d.h. es liegt ein treppenstufenartiger Versatz vor mit einer stetigen Steigung. Um unterschiedliche Weglängen der jeweiligen Laserstrahlungen bis zu einer definierten Austrittsebene nach den jeweiligen Reflexionsflächen auszugleichen bzw. die einzelnen Weglängen der Strahlen einander anzupassen, kann es von Vorteil sein, die Reflexionsflächen jeweils mit einem unterschiedlichen Abstand zu den ihnen zugeordneten Strahlaustrittsöffnungen der Laser zu positionieren. Durch diesen unterschiedlichen Versatz kann dann eine unterschiedliche Weglänge aufgrund der versetzten Anordnung der einzelnen Laser ausgeglichen bzw. angepaßt werden.

[0019] Eine weitere bevorzugte Maßnahme, die angewandt wird, um die einzelnen Weglängen der Strahlungsanteile der einzelnen Laser oder der Laserfeldanordnungen auszugleichen und anzupassen, ist dann möglich, wenn jedem Strahlungsanteil neben dem ersten reflektiven Element ein weiteres, zweites reflektives Element zugeordnet wird, wobei diese jeweils benachbarten zweiten reflektiven Elemente einen Versatz zueinander aufweisen derart, daß durch diesen Versatz die jeweiligen gesamten Weglängen, wenn man die einzelnen Strahlungsanteile miteinander vergleicht, angepaßt werden, so daß keine Wegdifferenzen an einer Austrittsebene vorhanden sind. Um einen einfachen Aufbau zu erzielen, der darüberhinaus leicht justierbar ist, sollten die jeweiligen Versätze und die jeweiligen Abstandsänderungen benachbarter Reflexionsflächen, wie dies vorstehend angesprochen ist, von gleicher Größe sein.

[0020] Ähnlich dem Trägerkörper, der dazu eingesetzt werden kann, die einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen, beispielsweise Diodenlaserfeldanordnungen oder Laserbarren, zu positionieren, können die Reflexionsflächen der Elemente durch einen treppenartig aufgebauten Spiegel gebildet werden, d.h. es wird ein Trägerkörper mit treppenstufenartig angeordneten Flächen verwendet, die verspiegelt werden, so daß die jeweiligen Flächen dieses treppenstufenartig aufgebauten Spiegels die Reflexionsflächen bilden. Hierdurch ist eine fest vorgegebene Zuordnung der jeweils benachbarten, einen Versatz zueinander aufweisenden Spiegelflächen gegeben, mit einer hohen mechanischen Stabilität. Vorzugsweise sind die Reflexionsflächen ebene Flächenbereiche, insbesondere dann, wenn die jeweiligen Strahlungsanteile parallele Strahlenbündel sind, die keine weitere Fokussierung oder Strahlaufweitung erfordern.

[0021] Zusätzlich können die einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen auch in der z-Richtung, d.h. in der Richtung, die der Abstrahlrichtung entspricht, versetzt werden, um dadurch die bereits vorstehend angesprochenen, unterschiedlichen Weglängen der einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen aneinander anzuordnen. Auch hierbei sollte der Versatz sequentiell der Reihenfolge der Laser entsprechen, um einen einfachen Aufbau zu erzielen, wiederum auch derart, daß der Versatz der Laser oder der Laserfeldanordnungen zu dem Versatz der reflektiven Elemente in der sequentiellen Reihenfolge korreliert ist.

[0022] Es sollte nochmals herausgestellt werden, daß der Versatz in der x-y-Richtung der einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen zueinander dazu dient, die Laserfeldanordnungen ausreichend voneinander zu beabstanden und einen Versatz der von den einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen ab-

gestrahlten Strahlenbündel zu erreichen (die vorstehend angegebene x-y-Ebene liegt senkrecht zu der Strahlausbreitungsrichtung), dient der Versatz in der z-Richtung, d.h. in Richtung der Abstrahlrichtung, dazu, unterschiedliche Weglängen zu einer vorgegebenen Austrittsebene oder Bearbeitungsebene auszugleichen.

[0023] In Bezug auf den bereits eingangs erwähnten treppenstufenförmigen Träger, der bevorzugt eingesetzt wird, um die einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen zu positionieren, werden die Laser oder Laserfeldanordnungen, wie bereits aus der vorstehenden Erläuterung ersichtlich sein sollte, parallel zu der Längserstreckung der einzelnen Stufen eines solchen treppenstufenförmigen Trägers derart angeordnet, daß sie parallel zu diesen Stufen mit ihrer Hauptabstrahlrichtung abstrahlen. Ein solcher treppenstufenförmiger Träger ermöglicht, mit entsprechend lang ausgebildeten Treppenstufen, eine anwendungsspezifische Positionierung und Justierung der einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen in der z-Richtung, d.h. in Abstrahlrichtung, so daß mit einer solchen unterschiedlichen Justierung auf die Weglängen Einfluß genommen werden kann.

[0024] Da die erfindungsgemäße Anordnung, wie sie vorstehend erläutert ist, eine Möglichkeit bietet, mit einem relativ einfachen Aufwand die Strahlungsanteile einer Vielzahl von Laser oder Laserfeldanordnungen zu einem definierten Strahlungsprofil umzuordnen und/oder zusammenzuführen, ist es möglich, definiert diese Strahlungsanteile nach dem reflektiven Element in einen Lichtleiter oder ein Lichtwellenleiterarray bzw. -feld einzukoppeln, um dann die zusammengeführten Strahlungsanteile beispielsweise zu einem Bearbeitungsort zu führen, wie dies auch noch nachfolgend anhand der Ausführungsbeispiele erläutert und beschrieben wird.

[0025] Eine weitere Maßnahme, die bevorzugt in Verbindung mit den vorstehend angegebenen Anordnungen eingesetzt werden kann, ist diejenige, die Leistung mehrerer Laser oder Laserfeldanordnungen durch Polarisation und/oder Wellenlängenkopplung zusammenzuführen. Diese Maßnahme in Verbindung mit der erfindungsgemäßen Anordnung, wie sie vorstehend erläutert ist, d.h. die stufenartige Positionierung der einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen, betrachtet man deren Strahlungsausstrittsfläche in Draufsicht, und die Zusammenführung dieser Strahlungsanteile durch einen entsprechenden Versatz der danach folgenden reflektiven Elemente in Verbindung mit einer Leistungsaddition mittels Polarisation und/oder Wellenlängenkopplung, hat den Vorteil, daß die Leistung, ohne den Strahlquerschnitt zu vergrößern bzw. die Strahlqualität zu verringern, erhöht werden kann.

[0026] Soweit in der Beschreibung vorstehend speziell auf Diodenlaser Bezug genommen wird, so stellen diese Ausführungen bevorzugte Maßnahmen in Verbindung mit Diodenlaser dar; sie können aber auch analog auf andere Festkörperlaseranordnungen übertragen werden.

Ausführungsbeispiel

[0027] Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. In der Zeichnung zeigt

[0028] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform gemäß der Erfindung,

[0029] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung, die den prinzipiellen Aufbau einer Diodenlaserfeldanordnung bzw. eines Laserdiodenarrays aus mehreren gestapelten Diodenlaserbarren zeigt,

[0030] [Fig. 3](#) eine weitere schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung, mit der gegenüber der ersten Ausführungsform die Weglängen der Strahlungsanteile der einzelnen Diodenlaserbarren in Bezug auf eine Austrittsebene angepaßt werden,

[0031] [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) eine weitere, dritte Ausführungsform, bei der die Diodenlaserbarren auf einem Träger in Abstrahlrichtung zueinander versetzt sind,

[0032] [Fig. 5](#) eine Anordnung der dritten Ausführungsform der Erfindung, die beispielsweise dazu eingesetzt werden kann, Festkörperlaser zu pumpen, oder, mit einer entsprechenden, nachgeschalteten Optik, Werkstücke zu bearbeiten,

[0033] [Fig. 6](#) eine Anordnung der dritten Ausführungsform, die eine Anwendung zeigt, bei der die Strahlungsanteile aufgeteilt und in ein Faserarray zum flexiblen Führen der Strahlen eingekoppelt werden,

[0034] [Fig. 7](#) eine Anordnung der dritten Ausführungsform, die mit der Ausführungsform der [Fig. 6](#) vergleichbar ist, bei der allerdings die Strahlungsanteile in das Ende einer einzelnen Faser eingekoppelt oder direkt auf ein Werkstück fokussiert werden,

[0035] [Fig. 8](#) eine Anordnung der dritten Ausführungsform, die mit den prinzipiellen Anordnungen der [Fig. 7](#) vergleichbar ist, bei der allerdings zusätzlich in den Strahlengang eine Prismenanordnung eingefügt ist,

[0036] [Fig. 9](#) eine Anordnung der dritten Ausführungsform, wie sie auch in [Fig. 6](#) gezeigt ist, gemäß

der einzelne Gruppen der Diodenlaserbarren aktiv adressierbar sind, um das erzeugte Strahlenfeld im On-Line-Verfahren zu beeinflussen,

[0037] [Fig. 10A](#) schematisch eine vierte Ausführungsform, bei der anstelle jeweils eines Diodenlaserbarrens auf einer Stufe zwei Diodenlaser in y-Richtung übereinander gestapelt sind und mittels einer Polarisationsanordnung miteinander gekoppelt werden,

[0038] [Fig. 10B](#) zwei der Anordnung der [Fig. 10A](#) entsprechende Anordnungen, die in x-Richtung und in y-Richtung, und zwar auf einem treppenstufenartigen Halter, versetzt sind, wobei die Strahlungsanteile mittels dichroitischem Spiegel zusammengeführt werden, und

[0039] [Fig. 10C](#) eine weitere Anordnung ähnlich derjenigen der [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#).

[0040] Es ist darauf hinzuweisen, daß die Ausführungsform gemäß den Figuren auf die Formung und Führung der Strahlung von Diodenlaserfeldanordnungen bzw. Diodenlaserarrays, wie sie auch in der Literatur bezeichnet werden, gerichtet ist, allerdings die verschiedenen Ausführungsformen, wie sie nachfolgend anhand der Figuren erläutert werden, gleichermaßen auch bei Festkörperlasern angewandt werden können, wie ersichtlich werden wird.

[0041] Ein üblicher Aufbau einer Diodenlaserfeldanordnung sowie einer üblichen Maßnahme, um die Strahlung zu kollimieren, ist in [Fig. 2](#) dargestellt.

[0042] Üblicherweise besteht ein Diodenlaserarray, in [Fig. 2](#) mit dem Bezugszeichen **1** bezeichnet, aus einzelnen Diodenlaserbarren **2**, die übereinander gestapelt sind. Jeder Diodenlaserbarren **2** besteht aus einer linearen Anordnung emittierender Laserdioden, die mit ihren Strahlaustrittsöffnungen **3** auf einer geraden Linie und in einer gemeinsamen Ebene, die in [Fig. 2](#) mit den rechtwinkligen Koordinaten x und y bezeichnet ist, mit einer Erstreckung des Diodenlaserbarrens in der x-Richtung, liegen. Aufgrund der Geometrie des aktiven Mediums solcher Diodenlaser tritt aus den Strahlaustrittsöffnungen **3** ein im Querschnitt typischerweise elliptischer Strahlkegel aus, wobei die große Achse senkrecht zu der Ebene des pn-Übergangs verläuft, d.h. in [Fig. 2](#) in der y-Richtung, die auch als "Fast-Richtung" bezeichnet wird. Der typische Divergenzwinkel in dieser Richtung beträgt etwa 90°. Dagegen beträgt der Divergenzwinkel entsprechend der kleinen Achse des elliptischen Strahlkegels etwa 10°. Eine typische Breite solcher einzelnen Diodenlaserbarren, d.h. die Ausdehnung in der x-Richtung, beträgt etwa 10 mm. Die typische Leistung eines solchen Diodenlaserbarrens liegt bei einigen 10 W. Typischerweise werden bis zu 20 einzelne Diodenemitter in der x-Richtung zu einer linearen An-

ordnung, d.h. zu einem Diodenlaserbarren, zusammengefügt. Wie in [Fig. 2](#) zu erkennen ist, ist jedem Diodenlaserbarren eine Wärmesenke in Form eines Kühlkörpers **4** zugeordnet, der, wenn er dünn in seinen Abmessung in der y-Richtung gehalten wird, typischerweise eine Dicke von 1 mm bis 1,5 mm aufweist.

[0043] Wie in [Fig. 2](#) zu gezeigt ist, können zwar hohe Packungsdichten mit solchen Anordnungen erzielt werden, allerdings findet ein solches Diodenlaserarray seine Grenzen in der thermischen Stabilität der Wärmesenken oder Kühlkörper **4**, wie bereits vorstehend erläutert wurde. Um die Strahlung der Diodenlaserbarren **2** in der Fast-Richtung (y-Richtung) zu kollimieren, wird jedem Barren eine Mikrooptik in Form einer Zylinderlinse **5** zugeordnet. In Abstrahlrichtung der Diodenlaserbarren **2** gesehen, in [Fig. 2](#) mit der Koordinate z bezeichnet, ist eine Zylinderoptik **6** nachgeschaltet, die die gesamten Strahlungsanteile der Diodenlaserbarren **2** in der Slow-Richtung kollimiert, so daß nach der Zylinderoptik **6** ein nahezu paralleles Strahlenbündel erzielt wird, das dann, mit einer photographischen Linse **7**, zu einem Strahlungsfeld **8** kollimiert wird. Das Strahlungsfeld **8** besitzt typische Abmessungen von etwa $0,8 \times (3-10)$ mm².

[0044] Um die Kühlleistung und die mechanische Stabilität der Anordnung zu erhöhen, müssen die jeweiligen Kühlkörper **4** mit einer größeren Dicke, d.h. einer größeren Abmessung in der y-Richtung, dimensioniert werden, sieht man einmal von einer aktiven Kühlung mittels eines Kühlmediums ab, was zur Folge hat, daß die einzelnen Diodenlaserbarren **2** in der y-Richtung weiter voneinander beabstandet sind; dadurch wird der Füllfaktor klein und die so erzielbare, maximale Leistungsdichte wird geringer.

[0045] Um die vorstehend angegebenen Probleme zu beseitigen, wird eine Anordnung gemäß der Erfindung eingesetzt, wie sie in ihrem prinzipiellen Aufbau in einer ersten Ausführungsform in [Fig. 1](#) dargestellt ist. Die einzelnen Diodenlaserbarren **2** sind in der x-Richtung (in einer Draufsicht, wie sie in [Fig. 1](#) dargestellt ist) nebeneinanderliegend angeordnet und in der y-Richtung, wie die Seitenansicht zeigt, die allgemein mit dem Bezugszeichen **9** bezeichnet sind, zueinander versetzt. Hieraus ergibt sich ein treppenstufenartiger Versatz. Um die einzelnen Diodenlaserbarren **2** mit ihren Kühlkörpern **4** in dieser Stellung anzuordnen, wird ein treppenstufenartiger Träger **10**, einteilig oder mehrteilig ausgeführt, eingesetzt. Die einzelnen Aufnahmeflächen **11** dieses Trägers oder Halters **10** verlaufen parallel zueinander. Es ergibt sich ein definierter Versatz, der, in der Ausführungsform der [Fig. 1](#), so gewählt ist, daß er von dem linken Diodenlaserbarren **2** zu dem am weitesten rechts liegenden Diodenlaserbarren **2** stetig zunimmt. Es ist weiterhin ersichtlich, daß jeder einzelne Diodenlaserbar-

ren **2** mit seinem zugehörigen Kühlkörper **4** frei zugänglich ist, um ihn zu justieren. Darüberhinaus kann dann, wenn ein Diodenlaserbarren **2** auffällt oder fehlerhaft arbeitet, dieser Diodenlaserbarren **2** gezielt ausgetauscht werden, ohne daß die weiteren Diodenlaserbarren **2** in ihrer Grundjustierung verändert werden oder in sonstiger Weise beeinträchtigt werden.

[0046] Die einzelnen Strahlungsanteile der einzelnen Diodenlaserbarren **2**, die zur Vereinfachung der Darstellung jeweils mit einem Strahlungspfeil **14** dargestellt sind, fallen auf einen ebenfalls treppenförmig ausgebildeten Spiegel **12** mit jeweiligen Reflexionsflächen **13**, die durch unterbrochene Linien angedeutet sind, und werden in eine gemeinsame Strahlrichtung, mit dem Ausgangsstrahl **14'** angegeben, umgelenkt. Der Umlenkungswinkel beträgt in dieser Ausführungsform 90° , ist jedoch nicht hierauf eingeschränkt. Es ist ersichtlich, daß die Orientierungen der Reflexionsflächen **13** zu den jeweils einfallenden Strahlungspfeilen **14** keiner Einschränkung unterliegen, da sie entsprechend den Anforderungen gewählt werden können. In [Fig. 1](#) ist weiterhin zu erkennen, daß die von jedem Diodenlaserbarren **2** ausgehende Strahlung durch eine Linse **5**, vergleichbar mit der Linse **5**, die in [Fig. 2](#) dargestellt ist, kollimiert wird. Die Treppenstufenhöhe, d.h. der Versatz der jeweiligen Auflageflächen der Träger **10** in der y-Richtung jeweils benachbarter Diodenlaserbarren **2**, ist so gewählt, daß er der Höhe der kollimierten Strahlung der y-Richtung entspricht. Gleiches gilt für die Stufenhöhe der einzelnen Reflexionsflächen **13** des Treppenstufenspiegels **12**, d.h. der jeweilige Versatz der einzelnen Stufen zueinander entspricht der Höhe der kollimierten Strahlung an den Reflexionsflächen. Der Versatz der einzelnen Stufen bzw. der Reflexionsflächen ist in der Draufsicht, die in [Fig. 1](#) mit dem Bezugszeichen **15** bezeichnet ist, zu erkennen (die Ansicht **15** zeigt eine Draufsicht auf den treppenstufenförmige Spiegel-Elemente **12** aus Richtung des Sichtpfeils **16** bzw. in x-Richtung). Die Austrittsstrahlen **14'** sind anhand der Austrittsebene **17** zu erkennen. Bedingt durch die unterschiedlich langen Ausbreitungswege der Strahlen bis zu der Austrittsebene **17** und durch die nicht aufgehobenen Divergenzen in der Slow-Richtung haben die einzelnen Strahlungsanteile **14'** der jeweiligen Diodenlaserbarren **2** eine unterschiedliche Erstreckung in der z-Richtung. Diese unterschiedlichen Ausdehnungen können gegebenenfalls durch Optiken angepaßt werden. Eine solche Anpassung kann unter anderem auch dadurch erfolgen, daß die jeweiligen Reflexionsflächen **13** leicht konkav oder konvex gewölbt werden, um die jeweiligen Strahlungsanteile zusätzlich aufzuweiten oder zu kollimieren.

[0047] Es sollte nochmals darauf hingewiesen werden, daß die in der Beschreibung und in den Figuren angegebenen x-, y- und z-Richtungen bzw. Koordina-

ten ein rechtwinkliges Koordinatensystem darstellen.

[0048] Anstelle der Diodenlaserbarren **2** können auch kleine Felder aus zwei Reihen oder gegebenenfalls drei Reihen einzelner Diodenlaser angeordnet werden, mit jeweils einem sich nach oben und nach unten erstreckenden (y-Richtung) Kühlkörper **4**; deren Strahlungen werden vorzugsweise auch so gekoppelt, wie dies in [Fig. 10](#) gezeigt ist, die noch nachfolgend beschrieben wird.

[0049] Um dem Problem der unterschiedlichen Strahlenausbreitungswege zu entgegnen, wie dies vorstehend anhand der [Fig. 1](#) angesprochen wurde, werden, in einer zweiten Ausführungsform, wie sie in [Fig. 3](#) dargestellt ist, zwei treppenstufenförmige Spiegel-Elemente **18** und **19** eingesetzt, an denen die Strahlungsanteile **14** der jeweiligen Diodenlaserbarren **2** zweifach umgelenkt werden. Die jeweiligen Auftreffpunkte bzw. Auftreffbereiche **20** auf den jeweiligen Reflexionsflächen **13** sind derart gewählt, daß sich die gesamten Weglängen der jeweiligen Strahlungen, die von den jeweiligen Diodenlaserbarren **2** ausgehen, zu einer gleichen Weglänge in einer Austrittsebene **21** hinter den Spiegel-Elementen **19** senkrecht zur optischen Achse jeweils aufaddieren, so daß die Ausgangsstrahlen ausgangsseitig der Reflexionsflächen **13** des zweiten Treppenstufenspiegels **18** gleiche Weglängen haben.

[0050] Die einzelnen Strahlen **14** bzw. **14'** treffen auf die Reflexionsflächen **13** des ersten Treppenstufenspiegels **18** und des zweiten Treppenstufenspiegels **19** jeweils unter einem Winkel von 45° auf, so daß der Strahl jeweils um 90° umgelenkt wird. Zum besseren Verständnis wird darauf hingewiesen, daß die einzelnen Diodenlaserbarren **2** derart angeordnet sind, daß, in y-Richtung gesehen, der in [Fig. 3](#) am weitesten links angeordnete Diodenlaserbarren **2** die höchste Position auf dem treppenstufenartigen Träger **10** besitzt, während der am weitesten rechts in [Fig. 3](#) liegende Diodenlaserbarren **2** die tiefste Position auf den Treppenstufenflächen des Halters **10** aufweist. Entsprechend sind die einzelnen Reflexionsflächen **13** des ersten Treppenstufenspiegels **18** in x-Richtung gesehen von der linken zur rechten Seite hin abfallend, und zwar in Bezug auf die y-Richtung, während die einzelnen Reflexionsflächen **13** des zweiten Treppenstufenspiegels **19** in y-Richtung gesehen in [Fig. 3](#) von oben nach unten steigend sind. Wie anhand der dem zweiten treppenstufenförmige Spiegel-Elemente **19** zugeordneten Strahlungsquerschnitte, mit dem Bezugszeichen **22** bezeichnet, zu entnehmen ist, treffen die jeweiligen Strahlungsanteile **14'** auf die reflektiven Flächen **13** des zweiten Treppenstufenspiegels **19** mit einem Versatz zueinander auf, die dann, ausgangsseitig des zweiten Treppenstufenspiegels **19**, durch die reflektiven Flächen **13** des zweiten Treppenstufenspiegels **19** aufgrund einer entsprechenden Verkipfung der jeweili-

gen Reflexionsflächen **13** zu der y-Richtung zu einem Strahlungsfeld, wie es anhand der Ebene **21** gezeigt ist, zusammengeschoben werden. Der Abstand der jeweiligen Strahlungsanteile zueinander im Bereich der Austrittsebene **21** kann durch einen gegenüber der Darstellung der [Fig. 3](#) geänderten Einfallswinkel der jeweiligen auf die Fläche **13** auftreffenden Strahlen **14'** weiter zusammengeschoben oder weiter zueinander beabstandet werden, als dies die Darstellung zeigt. Die jeweiligen Reflexionsflächen der Spiegel-Elemente können individuell bezüglich Winkel und Position eingestellt werden, um die Strahlenteile aus den jeweiligen Diodenlasern **2** parallel und versatzfrei zueinander zusammenzuführen.

[0051] In der [Fig. 4](#) ist eine dritte Ausführungsform der Erfindung dargestellt. In dieser Ausführungsform sind wiederum die einzelnen Diodenlaserbarren auf einem treppenstufenartigen Träger **10** angeordnet, wobei wiederum die einzelnen horizontalen Stufenflächen **25**, die in der x-z-Ebene verlaufen, in parallel zueinander versetzten Ebenen liegen, wie deutlicher die Seitenansicht der [Fig. 4B](#) (entsprechend des Sichtpfeils IVB in [Fig. 4A](#)) zeigt. Anders ausgedrückt sind die einzelnen Diodenlaserbarren **2** mit ihren Kühlkörpern **4** in unterschiedlichen Höhen in der y-Richtung, aufgrund des jeweiligen Versatzes der einzelnen Stufenflächen **25**, angeordnet, darüberhinaus sind sie stufenweise in der z-Richtung zueinander versetzt, so daß die gesamte optische Weglänge der jeweiligen Strahlungsanteile zur Austrittsebene etwa gleich sind. Die Stufenhöhe, d.h. der Abstand in der y-Richtung zweier benachbarter horizontaler Stufenflächen **25**, ist wiederum gleich der kollimierten Strahlhöhe.

[0052] Die einzelnen Strahlen **14** treffen jeweils auf ein treppenstufenförmiges Spiegel-Element auf, dessen senkrechte Treppenstufenflanken die Reflexionsflächen **13** bilden, von denen die Strahlen in der Austrittsstrahlrichtung **14'** reflektiert werden. Die einzelnen Treppenstufen-Reflexionsflächen **13** sind fortlaufend zueinander versetzt derart, daß dieser Versatz dem Versatz der einzelnen Diodenlaserbarren **2** entspricht. Darüberhinaus werden die Positionen der Diodenlaserbarren und die Reflexionsflächen der treppenförmigen Spiegel **12** so aufeinander angepaßt, daß alle Teilstrahlen exakt übereinander in der Fast-Richtung liegen, wie dies anhand der Austrittsebene **21** erläutert ist.

[0053] Das gestapelte Strahlenfeld, wie es anhand der Anordnung der [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) vorstehend beschrieben ist, kann unmittelbar verwendet werden, zum Beispiel zum Pumpen von Festkörperlasern. Darüberhinaus kann das Strahlungsfeld, wie es anhand der [Fig. 4](#) in Form der Austrittsebene **21** dargestellt ist, mit einer nachgeschalteten Optik entsprechend den Anforderungen und Einsatzbedingungen, etwa für eine Fasereinkopplung, abgebildet und ge-

formt werden. Ein Beispiel einer Anordnung hierfür ist in [Fig. 5](#) dargestellt, die im Grundaufbau die Anordnung der [Fig. 4A](#) zugrundelegt. In dieser Anordnung werden die Ausgangsstrahlen entsprechend der Anordnung im Bereich der Austrittsebene **21** mit einer zylindrischen Linse **23** kollimiert. Daran anschließend ist in den Strahlengang eine sphärische Linse **24** angeordnet, um die einzelnen Strahlungsanteile der einzelnen Diodenlaserbarren **2** in einer Linie auf das Werkstück **26** zu fokussieren. Diese Zusammenführung der Strahlungsanteile der einzelnen Laser entsprechend der Anordnung der [Fig. 5](#) hat den Vorteil, daß die Diodenlaserstrahlung ohne Strahlqualitätsverlust zusammengefaßt und somit die maximale Leistungsdichte im Fokus erreicht werden kann.

[0054] Für viele Anwendungen ist eine flexible Führung der Strahlung von Vorteil. Um eine solche flexible Führung zu erzielen, werden optische Fasern **27** eingesetzt, wie dies in [Fig. 6](#) gezeigt ist, die zu einem Faserarray **28** zusammengefaßt sind. Die Fasern **27** können rechteckig sein oder einen kreisförmigen Querschnitt haben. Wiederum wird das Strahlungsfeld, das von den Diodenlaserbarren **2** ausgeht, durch eine zylindrische Linse **23** kollimiert und anschließend mit einer sphärischen Linse **24** im Fokus abgebildet. Im Fokusbereich der sphärischen Linse entstehen so einzelne Fokuspunkte, die nebeneinander liegen. und deren Anzahl denen der Emittergruppen entspricht, d.h. der Anzahl der Diodenlaserbarren **2**. Das Feld **28** aus optischen Fasern ist so positioniert, daß die Einkopfflächen **29** im Fokusbereich positioniert sind. Es ist eine Anordnung hierbei zu bevorzugen, wie sie auch in [Fig. 6](#) dargestellt ist, bei der die Anzahl der Fasern **27** der Anzahl der Fokuspunkte entspricht, so daß die jeweiligen Strahlungsanteile der einzelnen Diodenlaserbarren **2** jeweils in einer zugeordneten Faser eingekoppelt werden. Hierzu werden die Strahlungen der einzelnen Diodenlaserbarren **2** beispielsweise in vier Gruppen oder Kanäle A, B, C, D aufgeteilt und zusammengeführt. Dies hat den Vorteil, daß die Strahlungsanteile A, B, C, D, die von den jeweiligen Diodenlaserbarren **2** ausgehen, für bestimmte Anwendungsgebiete entkoppelt verbleiben, d.h. sie können individuell zu der gewünschten Bearbeitungsstelle zugeführt werden und unter entsprechender Ansteuerung und Regelung der einzelnen Diodenlaserbarren **2** individuell beeinflusst werden; hierbei ist es dann auch möglich, die einzelnen Strahlen zu Strahlungsgruppen wieder zusammenzufassen.

[0055] Die erfindungsgemäße Anordnung kann auch dazu verwendet werden, die Strahlungsanteile der einzelnen Austrittsstrahlen **14'** in eine einzelne optische Faser **27** einzukoppeln, wie dies anhand der [Fig. 7](#) dargestellt ist. Für eine solche Fokussierung ist eine mit dem Bezugszeichen **30** bezeichnete Anordnung zur Formung und Fokussierung der Strahlen, beispielsweise zusätzliche treppenstufenförmige

Spiegel-Elemente, vorgesehen.

[0056] Es ist aus der vorstehenden Beschreibung zu ersehen, daß aus den einzelnen Diodenlaserbarren, die in den Ausführungsbeispielen hier erläutert werden, beliebig große Felder, mit einer entsprechenden Zahl an treppenstufenartigen Versätzen der jeweiligen Laser zueinander, aufgebaut werden können. Um dann allerdings die einzelnen Strahlungsanteile nach mindestens einer Reflexion an einem zugeordneten treppenstufenförmige Spiegel-Elemente abzubilden und zu fokussieren, müssen zylindrische und sphärische Optiken mit entsprechend großen Abmessungen eingesetzt werden, was zusätzliche Kosten zu dem optischen System hinzufügt. Um die Baugrößen und somit die Kosten eines solchen nachgeschalteten optischen Systems zu senken, wird vorzugsweise ein Prisma, wie in [Fig. 8](#) dargestellt ist, oder werden mehrere Prismen **31**, **32** eingesetzt. Der Strahlquerschnitt eingangsseitig des ersten Prismas **31** wird dadurch ausgangsseitig des zweiten Prismas **32** reduziert. Der Einsatz zweier Prismen in der Anordnung, wie dies in [Fig. 8](#) gezeigt ist, hat den zusätzlichen Vorteil, daß der Ausgangsstrahl parallel zum Eingangsstrahl verläuft. Mit dem Einsatz solcher Prismen **31**, **32** ist auch die Möglichkeit gegeben, die Dimension der Slow-Richtung von Strahlung, die von einem Diodenlaserbarren **2** ausgeht, zu verändern.

[0057] Für viele Anwendungen besteht ein Bedarf daran, Diodenlaserbarren mit aktiv adressierbaren Emittergruppen zu verwenden. Aktiv adressierbare Diodenlaserbarren sind Diodenlaserbarren, deren Emitter bzw. Emittergruppen jeweils mit einer eigenen Stromzufuhr bzw. Signalleitung **33** ([Fig. 9](#)) versehen werden, so daß sie individuell gesteuert werden können. Zur Steigerung der Leistungsfähigkeit jeweiliger Emittergruppen können solche Diodenlaserbarren mittels optischer Verfahren gestapelt werden. Die zugeordneten Emitter bzw. Emittergruppen, wiederum mit A, B, C und D bezeichnet, von verschiedenen Diodenlaserbarren **2** können dann mit einem optischen System **30** in einen Lichtwellenleiter **27** jeweils eingekoppelt werden oder auf ein Werkstück fokussiert werden. Werden die zugeordneten Emitter bzw. Emittergruppen von verschiedenen Barren elektrisch miteinander verbunden, wie dies dargestellt ist, so entsteht ein Lichtwellenleiterarray, bei dem die Leistung aus dem jeweiligen Lichtwellenleiter individuell angesteuert werden kann. Dies ist bei der sogenannten Parallelverarbeitung bzw. bei dem Parallelprozeß von großer Bedeutung. Eine solche Anordnung, wie sie vorstehend erläutert ist, ist schematisch in [Fig. 9](#) dargestellt, wobei wiederum die Basisanordnung gezeigt ist, die auch in den Ausführungsformen der [Fig. 4](#) bis [Fig. 8](#) eingesetzt wurde. Die vier auf dem treppenstufenartigen Träger **10** angeordneten Diodenlaserbarren **2**, die jeweils aus vier Emittergruppen bestehen, sind so ansteuerbar, daß die einzelnen Strahlen der jeweiligen zugeordneten

Gruppen A, B, C und D ausgangsseitig der Fokussieranordnung **30** zuordenbar sind. Die Möglichkeit, die einzelnen Kanäle A, B, C und D der einzelnen Diodenlaserbarren gesondert über die Signalleitungen **33** ansteuern zu können, hat den zusätzlichen Vorteil, eine Redundanz und Leistung des jeweiligen Kanals individuell zu erhöhen und zu erniedrigen. Sollte beispielsweise auf einem Kanal eine Diodenlasergruppe eines Diodenlaserbarrens **2** ausfallen, so kann die Leistung der Diodenlasergruppen der anderen Diodenlaserbarren **2** dieses Kanals erhöht werden, um den Leistungsverlust aufgrund der fehlerhaften Diodenlaser zu kompensieren.

[0058] Es kann erwünscht sein, auf einer Stufe eines treppenförmigen Halters **10**, wie dies anhand der vorstehend erläuterten Figuren dargelegt ist, zwei oder mehr einzelne Diodenlaserbarren zu positionieren. Falls beispielsweise jeweils zwei Diodenlaserbarren auf einer Stufe in y-Richtung übereinander angeordnet werden und jeweils diese paarweise angeordneten Diodenlaserbarren zweier benachbarter Stufen zusammengeführt werden, entstehen nach Reflexion an den Spiegel-Elementen, die einen treppenförmigen Versatz zueinander aufweisen, vier linienförmige Ausgangsstrahlen. Um sowohl die Strahlhöhe als auch die Strahlqualität zu verbessern, kann es von Vorteil sein, die jeweils paarweise angeordneten Diodenlaserbarren über eine Polarisationsanordnung **34** zu einem Strahlquerschnitt zusammenzuführen. Eine solche Anordnung ist in [Fig. 10A](#) dargestellt. In dieser Anordnung sind schematisch zwei Diodenlaserbarren **2** in y-Richtung mit Abstand zueinander angeordnet (der relativ große Abstand, wie er in [Fig. 10A](#) in y-Richtung der beiden Diodenlaserbarren **2** dargestellt ist, ist nur zur besseren Darstellung gewählt). Die Polarisationsanordnung **34** besteht aus einem Polarisationsstrahlteiler und einer Lambda-Viertelplatte. Über diese Polarisationsanordnung **34** werden die beiden Strahlungsanteile zu einem gemeinsamen Ausgangsstrahl zusammengeführt. Für diese Zusammenführung kann ein Spiegelement eingesetzt werden, wie es in den zuvor beschriebenen Figuren mit dem Bezugszeichen **12** bzw. der Reflexionsfläche **13** bezeichnet ist. Der Einsatz einer solchen Anordnung hat den Vorteil, daß die Strahlungsanteile ohne wesentliche Leistungsverluste zusammengeführt werden können.

[0059] Die [Fig. 10B](#) zeigt eine weitere Anordnung, die von dem anhand der [Fig. 10A](#) gezeigten und beschriebenen Prinzip Gebrauch macht. In diesem Fall sind jeweils zwei Gruppen aus jeweils einem Paar von Diodenlaserbarren **2**, die alle gleiche Wellenlängen besitzen mit jeweils einer Polarisationsanordnung **34** unter einem Versatz in y-Richtung angeordnet; eine solche Anordnung ist mit der Anordnung der einzelnen Diodenlaserbarren **2** auf dem Halter **10**, wie er beispielsweise in [Fig. 1](#) dargestellt ist, vergleichbar. Die jeweiligen Strahlungsanteile werden

über Umlenkspiegel **35** zu Ausgangsstrahlen zusammengeführt.

[0060] Üblicherweise werden in Anordnungen, wie sie vorstehend beschrieben sind, Diodenlaser mit gleicher Wellenlänge auf den einzelnen Stufen eingesetzt, so daß der Ausgangsstrahl im wesentlichen aus den Strahlungsanteilen der Diodenlaser mit entsprechender Wellenlänge zusammengesetzt sind.

[0061] In [Fig. 10C](#) können die Strahlungsanteile zweier benachbarter Diodenlasergruppen mit unterschiedlichen Längenlängen λ_1 und λ_2 , die wiederum paarweise aufgebaut sind und deren Strahlung durch eine Polarisationsanordnung **34** zusammengeführt sind, auch mittels einer dichroitischen Komponenten **36** koaxial überlagert werden, wenn die Diodenlaser unterschiedliche Wellenlängen haben.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Formung des geometrischen Querschnitts eines Strahlungsfelds mehrerer Festkörper- und/oder Halbleiterlaser mit mehreren Lasern und/oder Laserfeldanordnungen, deren jeweilige Strahlaustrittsöffnungen in einer in der x-y-Ebene liegenden Richtung verlaufen und deren Strahlenbündel jeweils in der z-Richtung abgestrahlt werden, wobei die x-, y- und z-Richtungen ein rechtwinkliges Koordinatensystem festlegen, mit einem optischen Aufbau zur Erzeugung eines definierten Querschnitts eines Strahlungsfelds, wobei der optische Aufbau reflektive, zueinander versetzte Elemente aufweist und wobei jedem Laser oder jeder Laserfeldanordnung mindestens ein reflektives Element zugeordnet ist, auf das die Strahlung des jeweiligen Lasers oder der jeweiligen Laserfeldanordnungen geführt wird und an dem die Strahlung reflektiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeder Laser oder jede Laserfeldanordnung (**2**) in Bezug auf den benachbarten Laser oder die benachbarte Laserfeldanordnung (**2**) sowohl in x-Richtung als auch in y-Richtung versetzt ist und daß die Reflexionsflächen (**13**) der reflektiven Elemente (**12; 18**) in Ebenen angeordnet sind, die einen Versatz und/oder eine Verkippung derart zueinander aufweisen, daß die jeweiligen, von den Reflexionsflächen (**13**) reflektierten Strahlungsanteile (**14'**) senkrecht zur z-Richtung gegenüber dem Versatz der Strahlungsaustrittsflächen zueinander versetzt sind.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Versatz sequentiell der Reihenfolge der Laser (**2**) entspricht.

3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionsflächen (**13**) jeweils einen unterschiedlichen Abstand zu den ihnen zugeordneten Strahlaustrittsöffnungen (**3**) der Laser (**2**) aufweisen.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Strahlungsanteil (**14, 14'**) eines Lasers (**2**) oder einer Laserfeldanordnung ein zweites, reflektives Element (**19**) zugeordnet ist, wobei jeweils benachbarte Elemente der zweiten, reflektiven Elemente (**19**) einen Versatz derart zueinander aufweisen, daß durch diesen Versatz die jeweiligen Gesamtweglängen der Strahlungsanteile (**14, 14'**) aneinander angepaßt werden.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der jeweilige Versatz und die jeweilige Abstandsänderung benachbarter Reflexionsflächen (**13**) von gleicher Größe sind.

6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionsflächen (**13**) der Elemente (**12; 18**) durch einen treppenartig aufgebauten Spiegel gebildet sind.

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionsflächen (**13**) ebene Flächenbereiche sind.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Laser oder Laserfeldanordnungen in der z-Richtung zueinander versetzt sind.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Versatz sequentiell der Reihenfolge der Laser (**2**) entspricht.

10. Anordnung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Versatz der Laser (**2**) oder der Laserfeldanordnungen zu dem Versatz der reflektiven Elemente (**12; 18; 19**) in der sequentiellen Reihenfolge korreliert ist.

11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Versatz der Laser (**2**) oder Laserfeldanordnungen zu dem Versatz der reflektiven Elemente (**12; 18; 19**) derart korreliert ist, daß bis zu einer Ebene (**21**), die in Strahlausbreitungsrichtung nach den reflektiven Elementen (**12; 18; 19**); und senkrecht zu der Strahlausbreitungsrichtung liegt, gleiche Weglängen der jeweiligen Strahlen gegeben sind.

12. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Laser (**2**) oder Laserfeldanordnungen auf einem treppenstufenförmigen Träger (**10**) angeordnet sind, wobei die Treppenstufen den Lasern (**2**) oder den Laserfeldanordnungen zugeordnet sind.

13. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Laser (**2**) oder Laserfeldanordnungen parallel zu der Längserstreckung der Stufen des treppenstufenförmigen Trägers (**10**) abstrahlen.

14. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweiligen Strahlungsanteile (**14**, **14'**) auf eine den reflektiven Elementen nachgeordnete Ebene fokussiert werden, wobei im Bereich des Fokussierungspunkts die Eintrittsfläche mindestens eines Lichtleiters (**27**) angeordnet ist, in die die Strahlung eingekoppelt wird.

15. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweiligen Strahlungsanteile (**14**, **14'**) jedes Lasers (**2**) oder jeder Laseranordnung einem Lichtleiter (**27**) zugeordnet sind, in den die jeweiligen Strahlungsanteile (**14'**) nach dem reflektiven Element (**12**) eingekoppelt werden.

16. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Leistung von mehreren Lasern oder Laserfeldanordnungen durch Polarisierung und/oder Wellenlängenkopplung zusammengeführt wird.

17. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Laser oder Laserfeldanordnungen in mindestens zwei Gruppen unterteilt werden, und daß die Strahlleistung der jeweiligen Gruppen zusammengeführt wird, allerdings die Leistung jeder Gruppe unabhängig der jeweils anderen Gruppe geregelt wird.

18. Anordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweilige Gruppe des einen Lasers oder der Laserfeldanordnung mit der jeweiligen, entsprechenden Gruppe der anderen Laser oder Laserfeldanordnung elektrisch gekoppelt und optisch zusammengeführt wird.

19. Anordnung nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die gesamte Leistung einer jeweiligen Strahlungsgruppe, die aus den einzelnen Strahlungsleistungen der jeweils zugeordneten Gruppe der einzelnen Laser oder der Laserfeldanordnungen zusammengesetzt ist, in eine Faser eingekoppelt wird.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

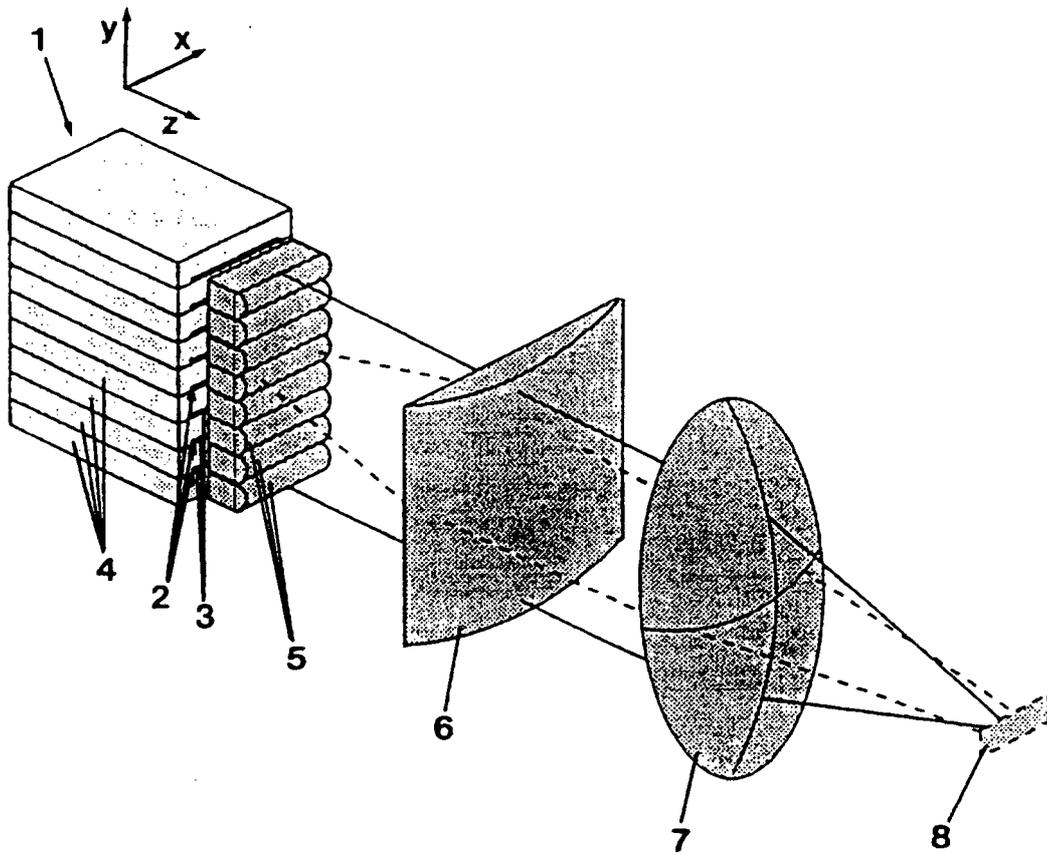


FIG. 2

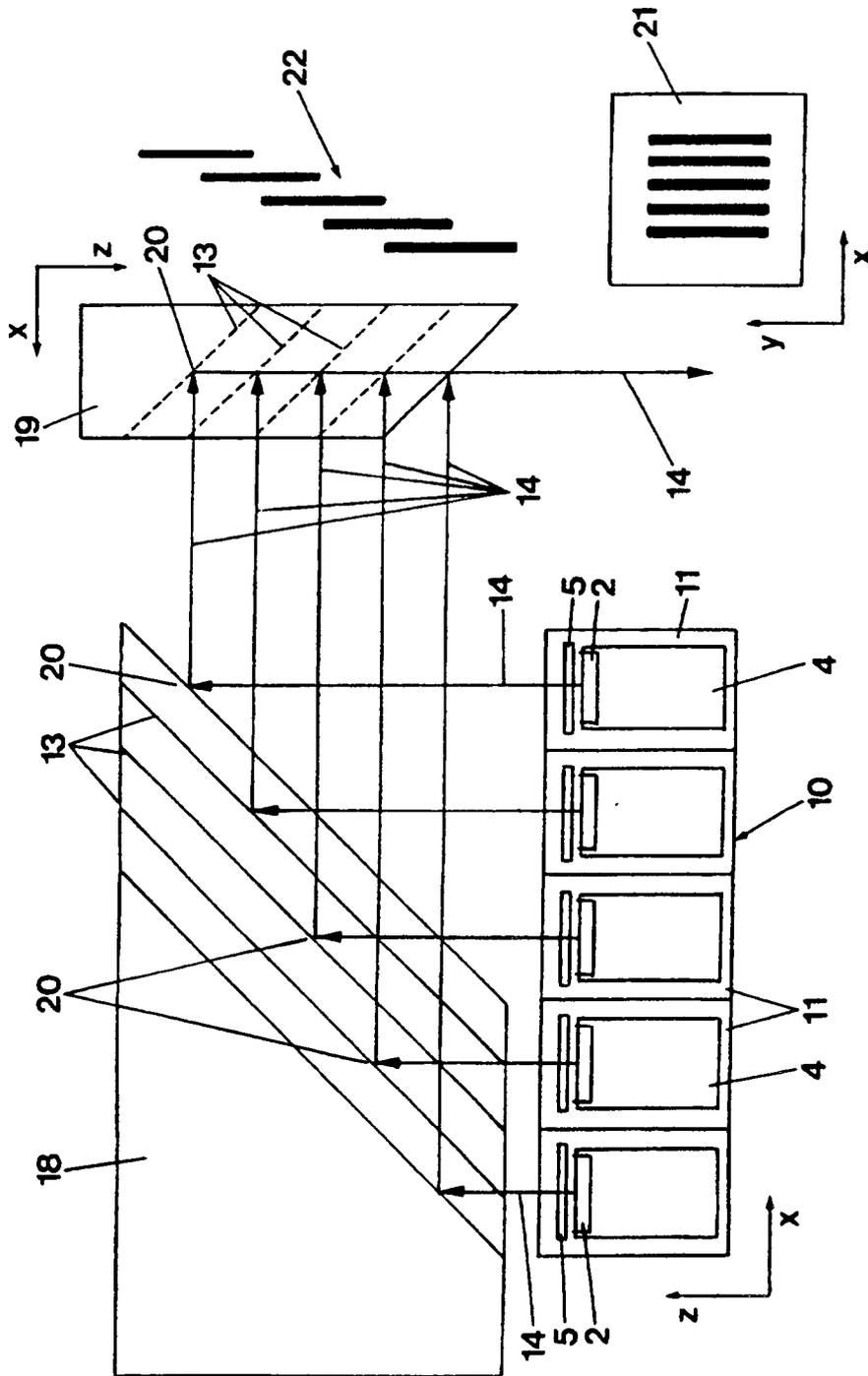
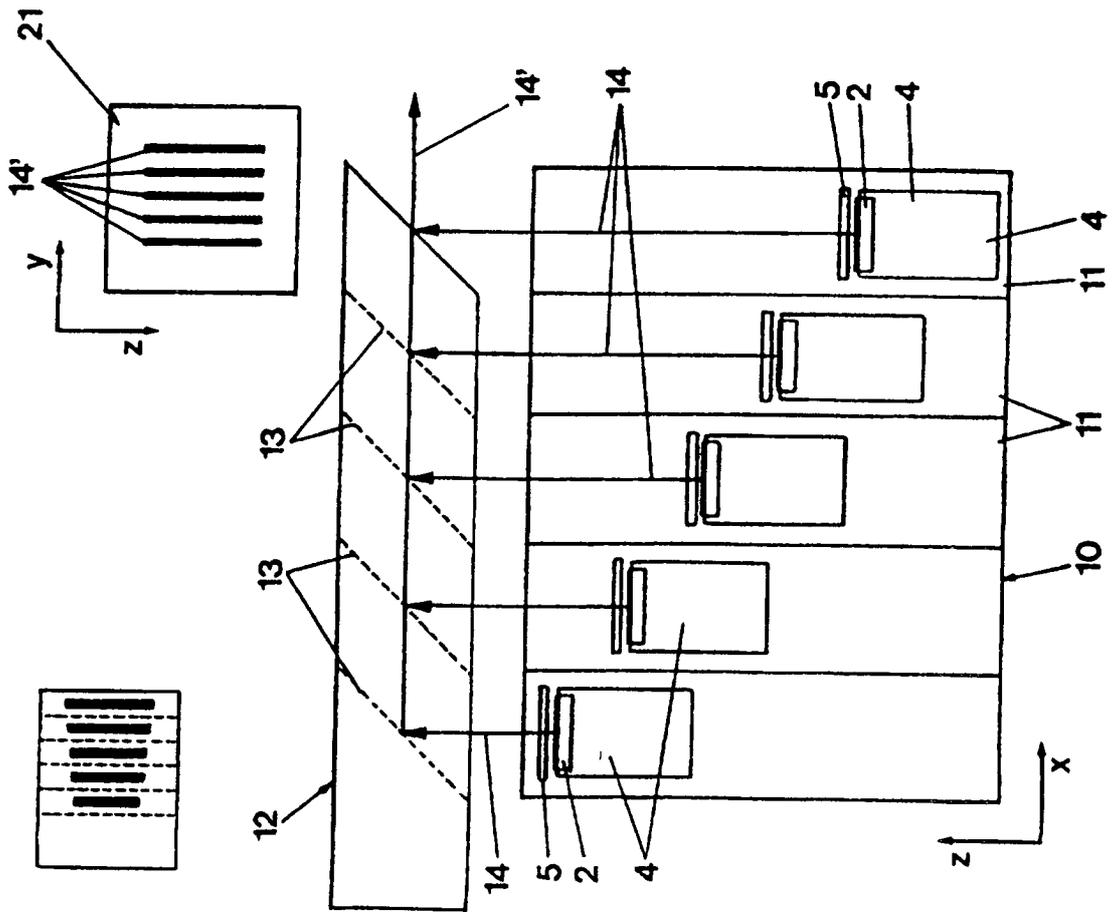
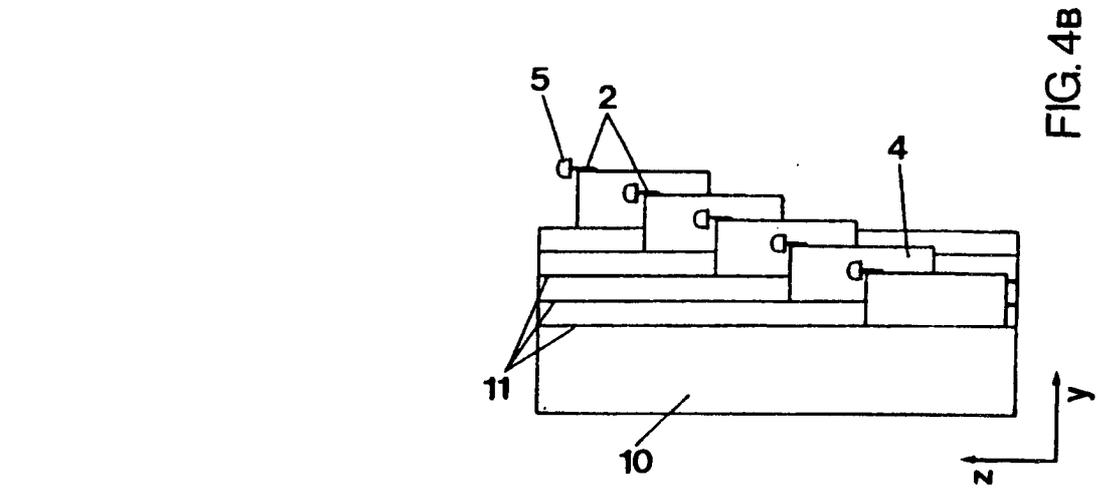


FIG. 3



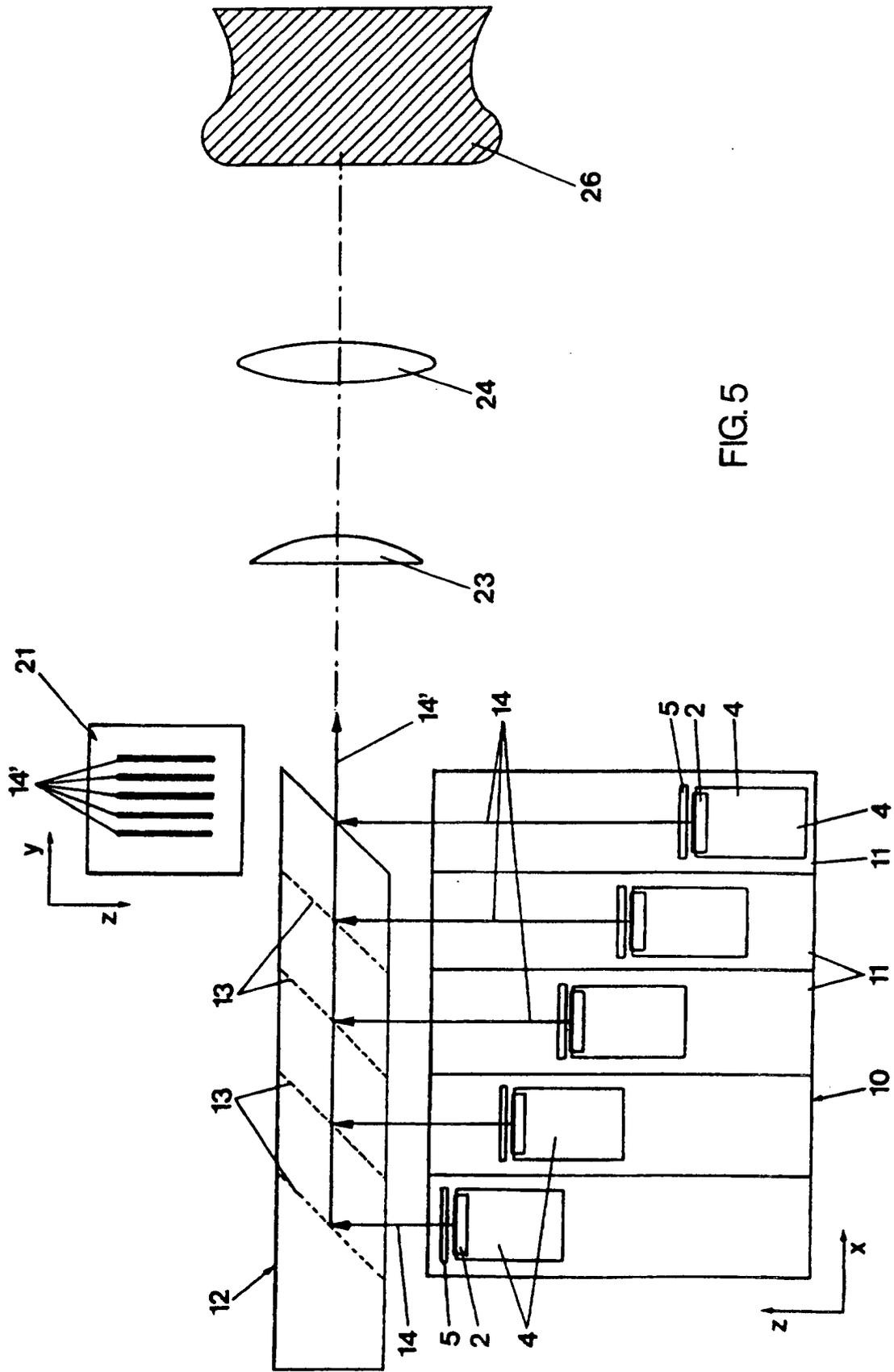


FIG. 5

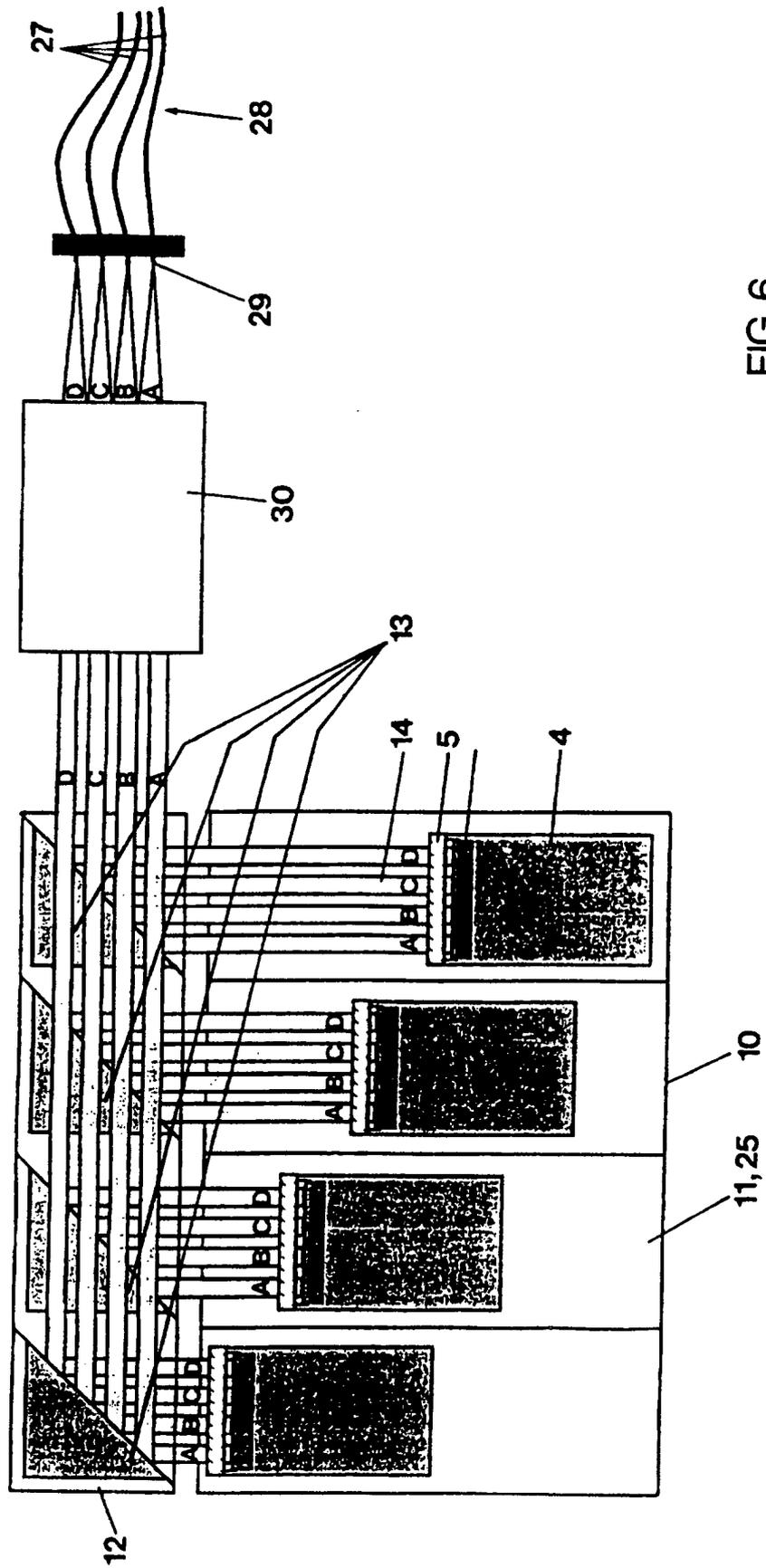


FIG. 6

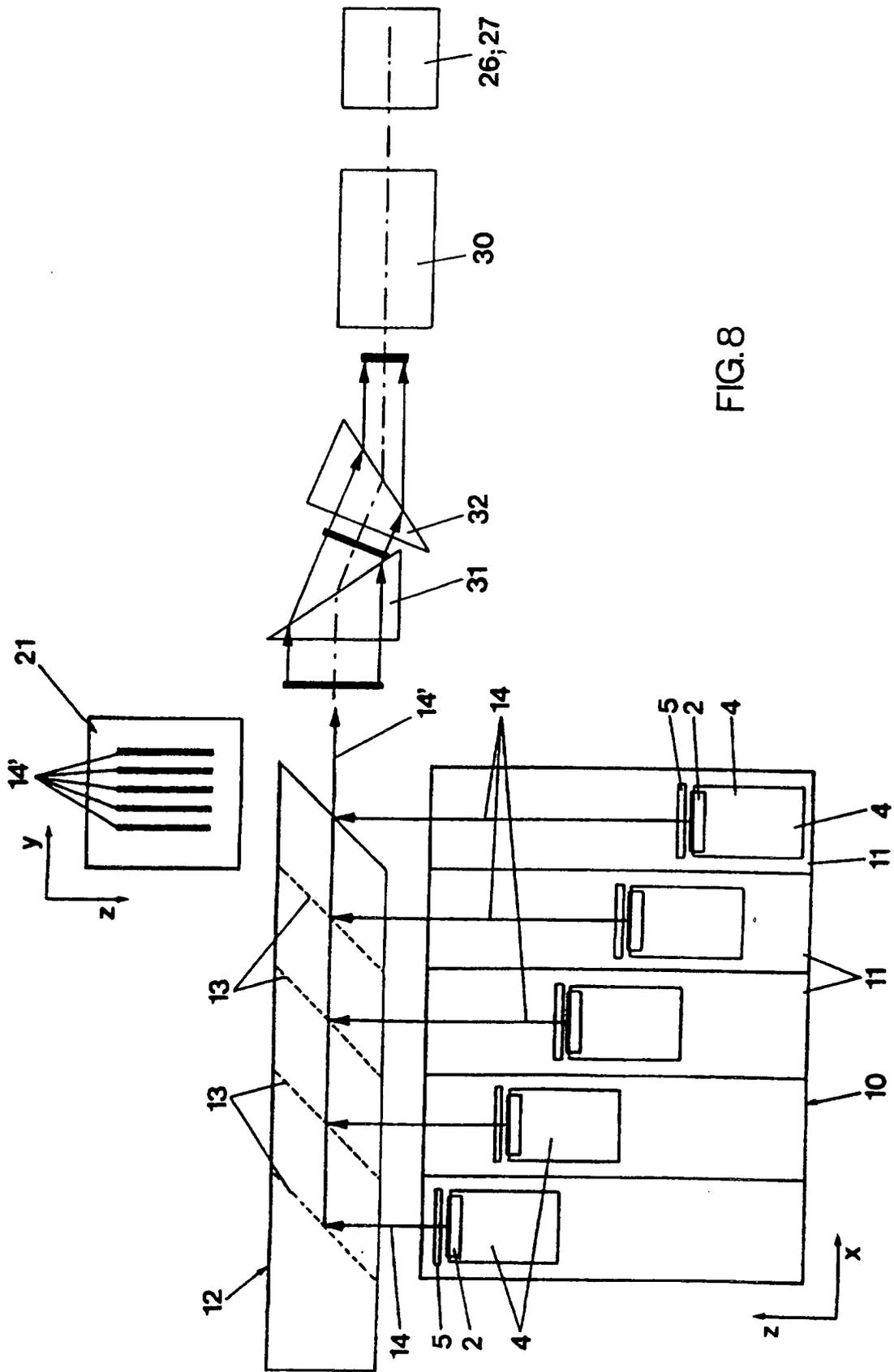


FIG.8

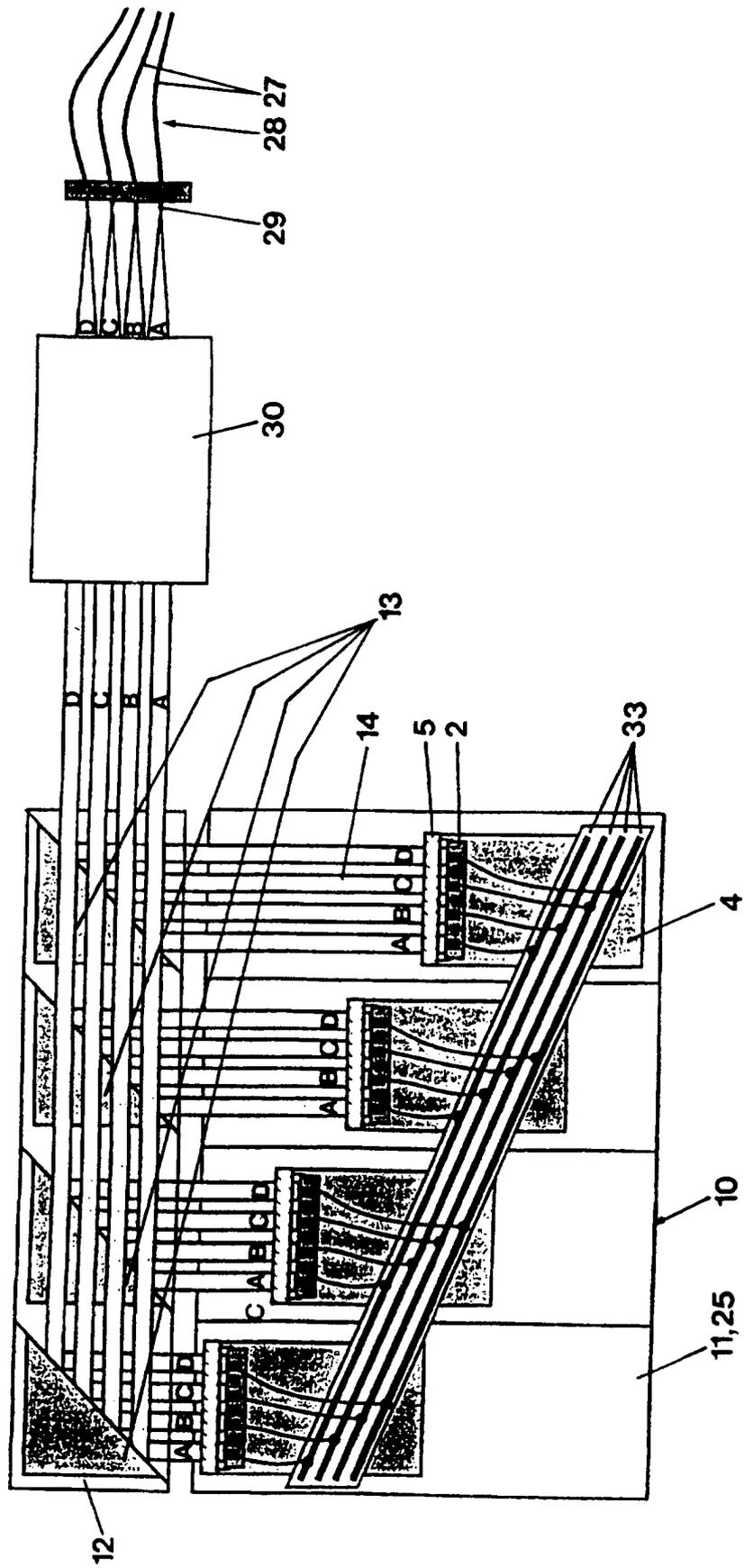


FIG.9

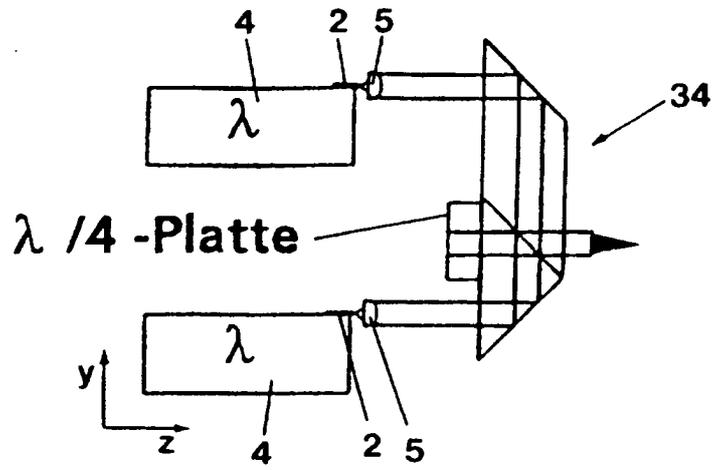


FIG. 10A

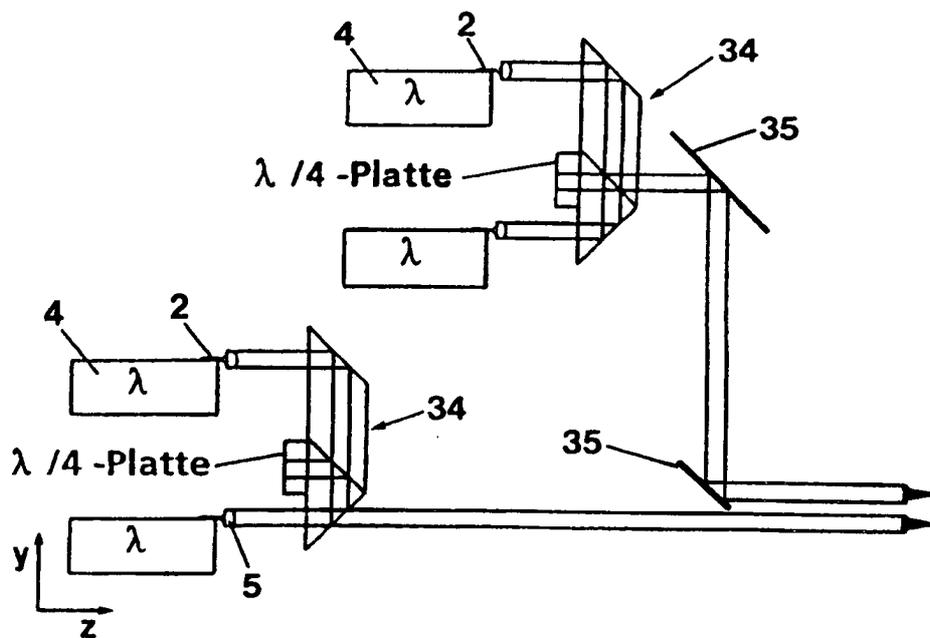


FIG. 10B

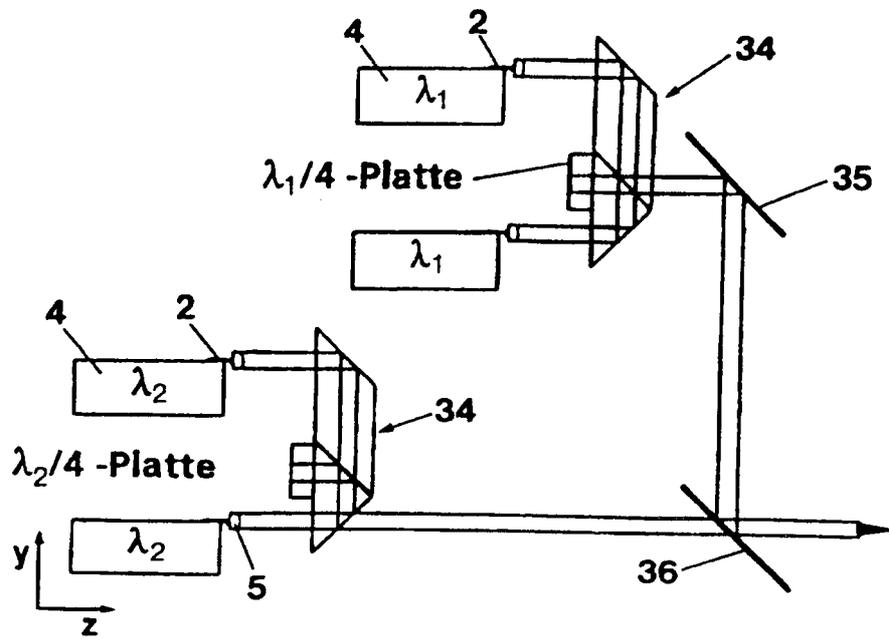


FIG. 10c