



(10) **DE 10 2009 031 046 A1** 2011.01.05

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 031 046.0**

(22) Anmeldetag: **30.06.2009**

(43) Offenlegungstag: **05.01.2011**

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

H01S 5/40 (2006.01)

H01S 5/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Laserline Gesellschaft für Entwicklung und
Vertrieb von Diodenlasern mbH, 56218
Mülheim-Kärlich, DE**

(72) Erfinder:

**Krause, Volker, 56295 Lonnig, DE; Ullmann,
Christoph, 53604 Bad Honnef, DE**

(74) Vertreter:

**Graf Glück Habersack Kritzenberger, 93049
Regensburg**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 198 41 285 C1

DE 197 43 322 A1

DE 197 05 574 A1

DE 100 12 480 A1

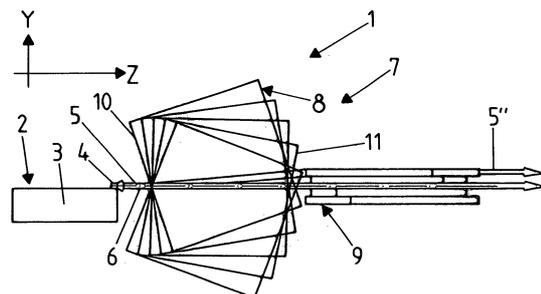
DE 11 2004 002495 T5

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Laseroptik sowie Diodenlaser**

(57) Zusammenfassung: Laseroptik zum Umformen wenigstens eines Laserstrahlbündels, bestehend aus mehreren, jeweils von einem Emitter erzeugten Laserstrahlen, wobei die Emitter in einer Slow-Axis der Laserstrahlen gegeneinander versetzt und voneinander beabstandet sind, mit wenigstens einem im Strahlengang des Laserstrahlbündels angeordneten Plattenfächer, der aus mehreren Platten aus einem lichtleitenden Material besteht, die in Richtung senkrecht zu ihren Oberflächen versetzt angeordnet sind und mit ihren Oberflächenseiten in Ebenen angeordnet sind, die die Strahlrichtung sowie die Fast-Axis der Laserstrahlen einschließen, wobei die Platten jeweils eine erste vorzugsweise plane Plattenschmalseite für einen Strahleintritt und dieser gegenüberliegend eine zweite vorzugsweise plane Plattenschmalseite für den Strahlaustritt bilden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Laseroptik gemäß Oberbegriff Patentanspruch 1 sowie auf einen Diodenlaser entsprechend Oberbegriff Patentanspruch 26.

[0002] Im Gegensatz zu konventionellen Laserstrahlquellen, die einen Strahldurchmesser von einigen mm bei einer geringen Strahldivergenz im Bereich von wenigen mrad aufweisen, zeichnet sich die Strahlung eines Halbleiter- oder Diodenlasers (nachstehend „Diodenlaser“) durch einen in der Fast-Axis stark divergenten Strahl mit einer Divergenz > 1000 mrad aus. Hervorgerufen wird dies von der auf < 1 μm Höhe begrenzten Austrittsschicht, an der ähnlich der Beugung an einer spaltförmigen Öffnung, ein großer Divergenzwinkel erzeugt wird. Da die Ausdehnung der Austrittsöffnung in der Ebene senkrecht und parallel zur aktiven Halbleiterschicht unterschiedlich ist, kommen verschiedene Strahldivergenzen in der Ebene senkrecht und parallel zur aktiven Schicht zustande.

[0003] Um eine Leistung von 20–40 W für einen Diodenlaser zu erreichen, werden zahlreiche Laser-Emitter auf einem sog. Laserbarren zu einem Laserbauelement zusammengefasst. Üblicherweise werden hierbei 10–50 einzelne Emittergruppen in einer Reihe in der Ebene parallel zur aktiven Schicht angeordnet. Der resultierende Strahl eines solchen Barrens hat in der Ebene parallel zur aktiven Schicht einen Öffnungswinkel von ca. 10° und einen Strahldurchmesser von ca. 10 mm. Die resultierende Strahlqualität in dieser Ebene ist um ein Vielfaches geringer als die sich ergebende Strahlqualität in der zuvor beschriebenen Ebene senkrecht zur aktiven Schicht. Auch bei einer möglichen zukünftigen Verringerung der Divergenzwinkel von Laser-Chips bleibt das stark unterschiedliche Verhältnis der Strahlqualität senkrecht und parallel zur aktiven Schicht bestehen.

[0004] Der Strahl verfügt aufgrund der zuvor beschriebenen Strahlcharakteristik über einen großen Unterschied der Strahlqualität in beiden Richtungen senkrecht und parallel zur aktiven Schicht. Der Begriff der Strahlqualität wird dabei beschrieben durch den M^2 Parameter. M^2 ist definiert durch den Faktor, mit dem die Strahldivergenz des Diodenlaserstrahles über der Strahldivergenz eines beugungsbegrenzten Strahles gleichen Durchmessers liegt. In dem oben gezeigten Fall verfügt man in der Ebene parallel zur aktiven Schicht über einen Strahldurchmesser, der um den Faktor 10.000 über dem Strahldurchmesser in der senkrechten Ebene liegt. Bei der Strahldivergenz verhält es sich anders, d. h. in der Ebene parallel zur aktiven Schicht bzw. in der Slow-Axis wird eine fast 10-fach kleinere Strahldivergenz erreicht. Der M^2 Parameter in der Ebene parallel zur aktiven Schicht

liegt also um mehrere Größenordnungen über dem M^2 Wert in der Ebene senkrecht zur aktiven Schicht.

[0005] Ein mögliches Ziel einer Strahlformung ist es, einen Strahl mit nahezu gleichen M^2 Werten in beiden Ebenen, d. h. senkrecht und parallel zur aktiven Schicht zu erreichen. Bekannt sind derzeit folgende Verfahren zur Umformung der Strahlgeometrie durch die eine Annäherung der Strahlqualitäten in den beiden Hauptebenen des Strahles erreicht wird.

[0006] Mittels eines Faserbündels lassen sich linienförmige Strahlquerschnitte durch Umordnen der Fasern zu einem kreisrunden Bündel zusammenfassen. Solche Verfahren sind z. B. in den US-Patentschriften 5 127 068, 4 763 975, 4 818 062, 5 268 978 sowie 5 258 989 beschrieben.

[0007] Daneben besteht die Technik des Strahldrehens, bei dem die Strahlung einzelner Emitter um 90° gedreht wird, um so eine Umordnung vorzunehmen bei der eine Anordnung der Strahlen in Richtung der Achse der besseren Strahlqualität erfolgt. Zu diesem Verfahren sind folgende Anordnungen bekannt: US 5 168 401, EP 0 484 276, DE 4 438 368. Allen Verfahren ist gemein, dass die Strahlung eines Diodenlasers nach dessen Kollimation in der Fast-Axis-Richtung, um 90° gedreht wird um eine Slow-Axis-Kollimation mit einer gemeinsamen Zylinderoptik vorzunehmen. In Abwandlung der genannten Verfahren ist auch eine durchgehende Linienquelle denkbar (z. B. die eines in Fast-Axis-Richtung kollimierten Diodenlasers hoher Belegungsdichte), deren Strahlprofil (Linie) aufgeteilt wird und in umgeordneter Form hinter dem optischen Element vorliegt.

[0008] Daneben besteht die Möglichkeit, ohne eine Drehung des Strahles eine Umordnung der Strahlung einzelner Emitter vorzunehmen, wobei durch z. B. durch den parallelen Versatz (Verschieben) mittels paralleler Spiegel eine Umordnung der Strahlung erreicht wird (WO 95/15510). Eine Anordnung, die sich ebenfalls der Technik des Umordnens bedient, ist in DE 195 00 53 und DE 195 44 488 beschrieben. Hierbei wird die Strahlung eines Diodenlaserbarrens in verschiedene Ebenen abgelenkt und dort einzeln kollimiert.

[0009] Die Nachteile des Standes der Technik lassen sich u. a. dahingehend zusammenfassen, dass bei fasergekoppelten Diodenlasern meist ein Strahl mit sehr unterschiedlichen Strahlqualitäten in beiden Achsrichtungen in die Faser eingekoppelt wird. Bei einer kreisrunden Faser bedeutet dies, dass in einer Achsrichtung die mögliche numerische Apertur oder der Faserdurchmesser nicht genutzt wird. Dies führt zu erheblichen Verlusten bei der Leistungsdichte, so dass in der Praxis eine Beschränkung auf ca. 10^4 W/cm² erfolgt.

[0010] Bei den genannten bekannten Verfahren müssen weiterhin teilweise erhebliche Weglängenunterschiede kompensiert werden. Dies geschieht meist durch Korrekturprismen, die Fehler nur begrenzt ausgleichen können. Vielfachreflexionen stellen weiterhin erhöhte Anforderungen an Justagegenauigkeit, Fertigungstoleranzen sowie Bauteilstabilität (WO 95/15510). Reflektierende Optiken (z. B. aus Kupfer) verfügen über hohe Absorptionswerte.

[0011] Bekannt ist weiterhin eine Laseroptik der gattungsbildenden Art zum Umformen wenigstens eines Laserstrahlenbündels, unter Verwendung von wenigstens zwei im Strahlengang aufeinander folgend angeordneten optischen Umformelementen, von denen wenigstens ein Umformelement als sogenannter Plattenfächer ausgebildet ist (DE 197 05 574 A1).

[0012] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Laseroptik der gattungsbildenden Art im Sinne einer Verbesserung der Fokussierung der Laserstrahlung weiter zu bilden. Zur Lösung dieser Aufgabe ist eine Laseroptik entsprechend dem Patentanspruch 1 ausgebildet.

[0013] Unter „Diodenlaser“ sind im Sinne der Erfindung insbesondere auch sogenannte Single-Mode-Laser und/oder Breitstreifen-Laser und/oder Breitstreifen-Gruppen-Laser und/oder Trapez-Laser zu verstehen. „Emittier“ im Sinne der Erfindung sind insbesondere auch die Emittier der vorgenannten Laser.

[0014] Unter „Plattenfächer“ ist im Sinne der Erfindung ein vom Laserlicht durchstrahltes optisches Element zu verstehen, welches sich aus mehreren Platten oder plattenförmigen Elementen aus einem lichtleitenden Material, vorzugsweise Glas, zusammensetzt, die stapelartig aneinander anschließen und fächerartig gegen einander verdreht sind. Jede Platte oder jedes plattenförmige Element bilden an einander gegenüberliegenden Seiten eine Platten-schmalseite für den Lichteintritt oder -austritt und sind unter Berücksichtigung der Anordnung der Emittier und der Divergenz, die die Laserstrahlen in der Slow-Axis aufweisen, so positioniert und ausgebildet, dass an den Oberflächenseiten innerhalb der Platte eine Reflexion des jeweiligen Laserstrahl nicht erfolgt.

[0015] Unter „Oberflächenseiten“ sind im Sinne der Erfindung jeweils die großen Plattenseiten zu verstehen.

[0016] Unter „Plattendicke“ ist im Sinne der Erfindung der Abstand zu verstehen, den die beiden Oberflächenseiten der jeweiligen Platte von einander aufweisen.

[0017] Der Plattenfächer kann durch Zusammen-setzen aus einzelnen Platten oder plattenförmigen Elementen oder aber auch einstückig, beispielsweise

als Formteil mit entsprechenden optischen Trenn- oder Zwischenschichten hergestellt sein.

[0018] Mit den im Lichtweg hintereinander angeordneten Umformelementen erfolgt bei der Laseroptik eine Auffächerung des Laserstrahles in unterschiedlichen Ebenen angeordnete Einzelstrahlen und ein anschließendes Übereinanderschieben dieser Einzelstrahlen.

[0019] Weiterbildungen, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und aus den Figuren. Dabei sind alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination grundsätzlich Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung. Auch wird der Inhalt der Ansprüche zu einem Bestandteil der Beschreibung gemacht.

[0020] Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren an Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0021] [Fig. 1](#) in vereinfachter Darstellung einen Diodenlaser, bestehend aus einer Vielzahl von Laserelementen oder Laserchips aufweisenden Laserdiodenanordnung und einer im Strahlengang dieser Laserdiodenanordnung angeordneten von zwei Plattenfächern gebildeten optischen Anordnung zur Formung des Laserstrahls, wobei die Zeichenebene dieser Figur senkrecht zur aktiven Schicht der Diodenelemente liegt;

[0022] [Fig. 2](#) den Diodenlaser der [Fig. 1](#), wobei die Zeichenebene dieser Figur parallel zu der aktiven Schicht der Diodenelemente liegt;

[0023] [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) in vereinfachter Darstellung die Ausbildung des Laserstrahls vor dem Umformen, beim Umformen und nach dem Umformen;

[0024] [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) einen der optischen Plattenfächer in Seitenansicht sowie in Draufsicht;

[0025] [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) einen Diodenlaser ähnlich dem Diodenlaser der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#), jedoch mit einer im Strahlengang nach den beiden Plattenfächern angeordneten Fokussieroptik bestehend aus einer Zylinderlinse und einer sphärischen Sammellinse, wobei die Zeichenebene der [Fig. 7](#) senkrecht zur aktiven Schicht und die Zeichenebene der [Fig. 8](#) parallel zur aktiven Schicht der Diodenelemente liegt;

[0026] [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) in ähnlicher Darstellung wie [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) eine weitere mögliche Ausführungsform, bei der im Strahlengang lediglich ein Plattenfächer und daran anschließend ein gestufter Spiegel (Treppenspiegel) vorgesehen ist;

[0027] [Fig. 11–Fig. 18](#) in Prinzipdarstellungen verschiedene Dioden-Laser-Laserbarren.

[0028] Der in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellte Diodenlaser **1** besteht im wesentlichen aus einer Laserdiodenanordnung **2**, die an einem u. a. auch als Wärmesenke ausgebildeten Substrat **3** ein Laserbarren **4** mit einer Vielzahl von Laserlicht aussendenden Emittern **4.1** aufweist, die gleichsinnig orientiert sind und insbesondere auch mit ihren aktiven Schichten in einer gemeinsamen Ebene senkrecht zur Zeichenebene der [Fig. 1](#) bzw. parallel zur Zeichenebene der [Fig. 2](#) liegen, d. h. in einer X-Z-Ebene, die durch die in den Figuren angegebene X-Achse und Z-Achse definiert ist.

[0029] Im Strahlengang der von dem Laserbarren **4** ausgehenden Laserstrahlung in Form eines Strahlenbündels aus Einzelstrahlen **5** befindet sich ein Fast-Axis-Kollimator **6**, der beispielsweise von einer mit ihrer Achse in der X-Achse liegenden Zylinderlinse gebildet ist und eine Kollimation der Laserstrahlung bzw. der Einzelstrahlen **5** in ihrer sog. Fast-Axis, d. h. in der Y-Achse und damit in der Y-Z-Ebene senkrecht zur aktiven Schicht wirkt, in der die Strahlung der Emitter **4.1** des Laserbarrens **4** die größere Divergenz aufweist. Nach dem Fast-Axis-Kollimator **6** steht die Laserstrahlung im wesentlichen als schmalbandiges Strahlenbündel aus den Einzelstrahlen **5** zur Verfügung, wie dies in der [Fig. 3](#) angedeutet ist.

[0030] Auf den Fast-Axis-Kollimator **6** folgend ist im Strahlengang der Laserstrahlung eine optische Einrichtung **7** zur weiteren Formung des Laserstrahlbündels vorgesehen, und zwar beispielsweise in der Weise, dass das Strahlenbündel ([Fig. 3](#) – Position a) zunächst in Einzelstrahlen **5'** in verschiedenen Ebenen parallel zur X-Z-Ebene zertrennt bzw. aufgefächert wird, die von Ebene zu Ebene auch in der X-Achse gegen einander versetzt sind ([Fig. 3](#) – Position b), und diese Einzelstrahlen **5'** dann diagonal übereinander geschoben werden, wie dies in der [Fig. 4](#) mit **5''** schematisch gezeigt ist.

[0031] Die optische Einrichtung **7** besteht hierfür aus zwei Plattenfächern **8** und **9**, die bei der dargestellten Ausführungsform grundsätzlich identisch ausgebildet sind, allerdings um 90° um die Z-Achse gedreht beidseitig von einer die Z-Achse senkrecht schneidenden gedachten Mittelebene so angeordnet sind, dass beide Plattenfächer jeweils mit einer gleichartig ausgebildeten Fächerseite **10** von dieser Mittelebene wegweisen und mit einer gleichartig ausgebildeten Fächerseite **11** dieser Mittelebene zugewandt sind. Der Aufbau beispielsweise des Plattenfächers **8** ist in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) im Detail dargestellt. Der Plattenfächer **9** ist in der gleichen Weise ausgebildet, sodass die nachfolgende Beschreibung auch für diesen Plattenfächer gilt.

[0032] Der Plattenfächer **8** besteht aus mehreren dünnen Platten **12**, die aus einem Licht leitenden Material, beispielsweise Glas hergestellt sind und bei der dargestellten Ausführungsform jeweils einen quadratischen Zuschnitt aufweisen. Jede Platte **12** besitzt zwei plane Plattenschmalseiten **13** und **14**, die die Seiten für den Eintritt und den Austritt der Laserstrahlen bilden und hierfür optisch hochwertig ausgebildet, d. h. poliert und mit einer Anti-Reflexionsschicht versehen sind. Die beiden Seiten **13** und **14** liegen sich an jeder Platte **12** gegenüber und sind bei der dargestellten Ausführungsform parallel zueinander angeordnet. Bei der Darstellung der [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) ist davon ausgegangen, dass der Plattenfächer **8** von insgesamt fünf Platten **12** gebildet ist. Theoretisch sind auch weniger oder mehr als fünf Platten **12** möglich.

[0033] Die Platten **12** schließen mit ihren Oberflächenseiten **12'**, an denen sie ebenfalls poliert sind, stapelartig aneinander an, wobei zwischen jeweils zwei benachbarten Platten **12** ein Spalt **15** vorgesehen ist, der von einem Medium, welches einen im Vergleich zum Material der Platten **12** kleineren optischen Brechungsindex aufweist, ausgefüllt ist. Der Spalt **15** ist beispielsweise ein Luftspalt, bevorzugt ist der jeweilige Spalt **15** aber mit einem die Platten **12** verbindenden Material, beispielsweise mit einem optischen Kitt ausgefüllt.

[0034] Die Platten **12** sind fächerartig gegeneinander versetzt. Bei der dargestellten Ausführungsform sind die Platten **12** hierfür um eine gemeinsame Fächerachse A gegen einander gedreht, wobei außerdem jeweils ein vorgegebener Bereich **16** der Plattenschmalseite **13**, nämlich bei der dargestellten Ausführungsform die Mitte jeder Plattenschmalseite **13** jeder Platte **12** zusammen mit dem entsprechenden Bereichen **16** der übrigen Platten auf der gemeinsamen Achse A liegt, die senkrecht zu den Ebenen der Oberflächenseiten **12'** der Platten **12** liegt und damit auch senkrecht zu einer parallel zu diesen Oberflächenseiten angeordneten, gedachten Mittelebene M des Plattenfächers **8**. Um die Achse A bzw. um ihre Bereiche **16** sind die einzelnen Platten **12** derart fächerartig gegeneinander verdreht oder aufgefächert, dass die Ebenen E der Plattenschmalseiten **13** zweier benachbarter Platten sich in der Achse A schneiden und einen Winkel α miteinander einschließen, der in der [Fig. 5](#) übertrieben groß dargestellt ist und beispielsweise in der Größenordnung von $1-5^\circ$ liegt. Die mittlere Platte **12** liegt mit der Ebene E ihrer Plattenschmalseite **13** senkrecht zu einer Längserstreckung L oder optischen Achse des Plattenfächers **8**. Die Gesamtheit der Plattenschmalseiten **13** aller Platten **12** bildet die Plattenfächerseite **10**. Entsprechend der Anordnung der Plattenschmalseiten **13** sind auch die Plattenschmalseiten **14**, die in ihrer Gesamtheit die Plattenfächerseite **11** bilden, so relativ zueinander angeordnet, dass die Ebenen E'

zweier benachbarter Plattenseiten **14** wiederum den Winkel α miteinander einschließen. Die Ebenen E und E' der Plattenschmalseiten **13** und **14** liegen senkrecht zu den Ebenen der Oberflächenseiten **12'**.

[0035] Der Plattenfächer **8** ist weiterhin so ausgebildet, da die an die mittlere Platte **12** anschließenden Platten jeweils symmetrisch gedreht bzw. aufgefächert sind, d. h. für die für die [Fig. 5](#) gewählte Darstellung die auf der einen Plattenschmalseite der mittleren Platte **12** vorgesehenen Platten **12** mit ihren Plattenschmalseiten **13** im Gegenuhrzeigersinn und die auf der anderen Plattenschmalseite der mittleren Platte **12** anschließenden Platten mit ihren Plattenschmalseiten **13** gegenüber der mittleren Platte im Uhrzeigersinn gedreht sind.

[0036] Die Breite des jeweiligen Spaltes **15** ist möglichst gering, aber ausreichend groß gewählt (z. B. einige 1/100 mm), um sicherzustellen, dass auch bei einer leichten Verwölbungen einer oder mehrerer Platten **12** ein direkter Berührungskontakt zwischen zwei benachbarten Platten **12** nicht entsteht und somit Strahlungsverluste vermieden werden, die an derartigen Berührungsstellen auftreten und zur Reduzierung der Effizienz des Systems führen könnten.

[0037] Der Plattenfächer **8** ist bei dem Diodenlaser **1** derart angeordnet, dass er mit seiner Längsachse L in der Z-Achse liegt und die Mittelachse M in der Y-Z-Ebene, wobei die Plattenfächerseite **10** der Laserdiodenanordnung **2** zugewandt ist, das Strahlenbündel aus den Laserstrahlen **5** also an der Plattenfächerseite **10** in diesen Plattenfächer eintritt. Der Plattenfächer **9** ist mit seiner Längsachse L, die senkrecht zur Plattenschmalseite **13** der mittleren Platte **12** liegt und die Achse A senkrecht schneidet ebenfalls in der Z-Achse angeordnet, und zwar achsgleich mit der Achse L des Plattenfächers **8**, wobei die Plattenfächerseite **11** des Plattenfächers **9** der Plattenfächerseite **11** des Plattenfächers **8** zugewandt ist. Die Mittelebene M des Plattenfächers **9** liegt in der X-Z-Ebene, sodass der Plattenfächer **9** gegenüber dem Plattenfächer **8** um 90° um die Z-Achse gedreht wird.

[0038] Die Besonderheit der Laseroptik **7** besteht zunächst darin, dass an dem Plattenfächer **8**, der auf den Fast-Axis-Kollimator **6** im Strahlengang folgt, jedem Emitter **4.1** des Laserbarrens **4** eine eigene Platte **12** zugeordnet ist, und zwar derart, dass der im Fast-Axis-Kollimator **6** kollimierte Laserstrahl **5** jedes Emitters **4.1** näherungsweise mittig und senkrecht auf die diesem Emitter zugewandte plane Plattenschmalseite **13** auftrifft, der Achsabstand, den die Emitter **4.1** in der Slow-Axis der Laserstrahlen **5**, d. h. bei der Darstellung der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) in der X-Achse voneinander besitzen, gleich demjenigen Abstand ist, den die parallel zu den Oberflächenseite **12'** orientierten Mittelebenen zweier benachbarter

Platten **12** voneinander besitzen.

[0039] Weiterhin ist die Plattendicke (Abstand der Oberflächenseiten **12'**) jeder Platte **12** wenigstens gleich, vorzugsweise aber größer als die Divergenz, die der Laserstrahl **5** des zugehörigen Emitters **4.1** in der Slow-Axis aufweist, d. h. bei der für die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gewählten Darstellung in der X-Achse, und zwar am Austritt der jeweiligen Platte, d. h. an der Plattenstirnseite **14**. Hierdurch ist gewährleistet, dass es nicht zu Reflexionen (Totalreflexionen) des jeweiligen Laserstrahls **5** innerhalb der zugehörigen Platte **12** im Bereich der Oberflächenseiten **12'** kommt und jeder aus dem Plattenfächer **8** austretende Einzelstrahl **5.1** punktförmig oder im Wesentlichen punktförmig ist.

[0040] In analoger Weise ist dann beispielsweise der im Strahlengang anschließende Plattenfächer **9** so ausgebildet, dass jedem aus einer Platte **12** des Plattenfächers **8** austretenden Laserstrahl **5'** eine Platte **12** des Plattenfächers **9** zugeordnet ist, auf jeden Fall aber die Plattendicke der Platten **12** des Plattenfächers **9** wenigstens gleich oder größer ist als die Divergenz, die die durch den Fast-Axis-Kollimator **6** kollimierten Einzelstrahlen **5.2** am Austritt aus dem Plattenfächer **9** in dieser Fast-Axis, d. h. bei der für die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gewählten Darstellung in der Y-Achse aufweisen.

[0041] Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, zumindest den Plattenfächer **8** abweichend von der vorstehend beschriebenen idealen Ausführung so auszubilden, dass jeweils für eine Emittiergruppe mit einer kleineren Anzahl von Emittieren, beispielsweise für zwei oder maximal drei Emittier **4.1** eine Platte **12** gemeinsam vorgesehen ist, und zwar beispielsweise dann, wenn der Abstand, den die Emittier **4.1** in der Slow-Axis, d. h. in der X-Achse von ein ander aufweisen, kleiner oder gleich der Divergenz der Laserstrahlen **5** in der Slow-Axis ist. Auch in diesem Fall sind die Anordnung so getroffen und die Plattendicke so gewählt, dass keiner der Laserstrahlen **5** der Emittier **4.1** eine Reflexion innerhalb der zugehörigen Platte **12** im Bereich der Oberflächenseiten **12.1** erfährt, die Plattendicke jeder Platte **12** also gleich der Summe des Abstandes zwischen den Emittieren **4.1** der jeweiligen Emittiergruppe und der Divergenz ist, die diese Emittier bzw. deren Laserstrahlen **5** in der Slow-Axis aufweisen.

[0042] Die Länge, die der jeweilige Emittierbarren in Richtung der Slow-Axis, d. h. in Richtung der X-Achse aufweist, beträgt beispielsweise 10 mm. Der Abstand der einzelnen Emittier **4.1** an dem Laserbarren **4** ist dann beispielsweise größer 1 mm und kleiner 3 mm. Die Anzahl der Platten **12** des Plattenfächers **8** liegt beispielsweise im Bereich zwischen drei und zehn Platten.

[0043] Der durch den Fast-Axis-Kollimator **6** kollimierte Laserstrahl **5** trifft auf die Plattenfächerseite **13** auf, und zwar im Bereich der Achse A bzw. der Längsachse L.

[0044] Durch die unterschiedliche Neigung der Plattenschmalseiten **13** und der Plattenseiten **14** wird das eintretende Laserstrahlbündel in die verschiedenen Einzelstrahlen **5'** aufgeteilt, die parallel oder im wesentlichen parallel zur Z-Achse an den Plattenseiten **14** aus dem Plattenfächer **8** austreten, wobei die Einzelstrahlen **5'** bedingt durch die Brechung an den Plattenschmalseiten **13** und **14** in unterschiedlichen Ebenen parallel zur X-Z-Ebene angeordnet sind.

[0045] Die einzelnen Einzelstrahlen **5'** treten dann jeweils an einer Plattenseite **14** in den Plattenfächer **9** ein. Durch die Brechung an den Plattenschmalseiten **13** und **14** treten sämtliche Einzelstrahlen **5'** an den Plattenschmalseiten **13** der Platten **12** des Plattenfächers **9** aus, und zwar im Bereich der dort parallel zur Y-Achse liegenden Achse A, sodass die Einzelstrahlen **5'** diagonal verschoben übereinander angeordnet sind, wie dies in der [Fig. 4](#) dargestellt ist.

[0046] Die [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) zeigen einen Diodenlaser **1a**, der sich von dem Diodenlaser **1** lediglich dadurch unterscheidet, dass im Strahlengang nach der optischen Anordnung **7** ein Slow-Axis-Kollimator **17** in Form einer Zylinderlinse vorgesehen ist, die mit ihrer Achse parallel zur Y-Achse angeordnet ist. Durch diesen Kollimator **17** wird die Divergenz, die die Einzelstrahlen **5'** in der Slow-Axis, d. h. in der X-Achse aufweisen, korrigiert, sodass anschließend mehrere, in Richtung der Y-Achse übereinander angeordnete kollimierte Einzelstrahlen **5''** vorliegen, die mittels einer Fokussieroptik, d. h. mittels der sphärischen Sammellinse **18** fokussiert werden.

[0047] Die [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) zeigen als weitere Ausführungsform einen Diodenlaser **1c**, der sich von dem Diodenlaser **1** der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) nur dadurch unterscheidet, dass anstelle des im Strahlengang zweiten Plattenfächers **9** zum diagonalen Zusammenschieben des Strahlbündels der Einzelstrahlen **5'** (Position b der [Fig. 3](#)) in das Strahlbündel der Einzelstrahlen **5''** ([Fig. 4](#)) ein sog. Treppenspiegel **22** vorgesehen ist. Dieser besitzt eine Vielzahl von Spiegelflächen **23**, die derart treppenartig in der gegeneinander versetzt sind, dass durch Reflexion an den Spiegelflächen das Umformen des Strahlbündels der Einzelstrahlen **5'** in das Strahlbündel der Einzelstrahlen **5''** erfolgt.

[0048] Der Plattenfächer **8** ist auch bei der in den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) dargestellten Ausführungsform wiederum in gleicher Weise ausgebildet, wie dies vorstehend für den Plattenfächer **8** der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) beschrieben wurde. Sämtlichen Ausführungen der Erfindung ist also gemeinsam, dass zumindest

der erste, im Strahlengang angeordnete Plattenfächer **8** in Bezug auf seine Platten **12** derart angeordnet und ausgebildet ist, dass die an der Plattenschmalseite **13** eintretenden Einzel- oder Laserstrahlen **5** des Laserstrahlbündels ohne Reflexion, insbesondere auch ohne Totalreflexion innerhalb der jeweiligen Platte an der Schmalseite **14** dieser Platte als Einzelstrahl **5.1** austreten.

[0049] Vorstehend wurden die Diodenlaser **1** bzw. deren Laseranordnungen **2** allgemein bestehend aus einem als Wärmesenke ausgebildeten Substrat **3** und aus einem Laserbarren **4** mit einer Vielzahl von Laserlicht aussendenden Emittoren **4.1** beschrieben. Speziell der jeweilige Laserbarren **4** kann in unterschiedlichster Weise ausgeführt sein.

[0050] So zeigen die [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) in vereinfachter perspektivischer Darstellung ([Fig. 11](#)) sowie in einer vergrößerten Teildarstellung ([Fig. 12](#)) einen Laserbarren **4**, der als Single-Mode-Laserbarren ausgeführt ist, und zwar mit fünf Emittoren **4.1** in Form von Single-Mode-Emittoren. Die typische Breite der Emittoren **4.1** in der Slow-Axis (X-Achse) ihrer Laserstrahlen beträgt etwa 2–5 µm und der Abstand zwischen zwei in der Slow-Axis (X-Achse) aufeinander folgenden Emittoren **4.1** beträgt etwa 1–3 mm. Der Laserbarren **4** besitzt beispielsweise in der X-Achse eine Länge von etwa 10 mm und in der Z-Achse eine Breite von etwa 2 bis 4 mm. Mit jedem Emittor **4.1** ist eine Leistung bis 1 W erreichbar.

[0051] Die [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) zeigen einen Laserbarren **4**, der als Breitstreifen-Laser-Barren ausgeführt ist, und zwar bei der dargestellten Ausführungsform mit insgesamt fünf Emittoren **4.1** in Form von Breitstreifen-Emittoren. Die Breite, die die Emittoren **4.1** in Richtung ihrer Slow-Axis (X-Achse) aufweisen liegt im Bereich zwischen etwa 50 und 500 µm. Der Abstand zwischen den einzelnen Emittoren **4.1** in der Slow-Axis (X-Achse) ist beispielsweise größer als die vorgenannte Breite der Emittoren **4.1**. Der Laserbarren **4** besitzt beispielsweise in der X-Achse eine Länge von etwa 10 mm und in der Z-Achse eine Breite von etwa 2 bis 4 mm. Mit jedem Emittor **4.1** ist eine Leistung bis 20 W erreichbar.

[0052] Die [Fig. 15](#) und [Fig. 16](#) zeigen einen Laserbarren **4** in Form eines Breitstreifen-Gruppen-Laserbarrens mit insgesamt fünf Gruppen von Emittoren **4.1**, die jeweils als Breitstreifenemitter ausgeführt sind. Bei der dargestellten Ausführungsform weist jede Emittorgruppe insgesamt drei Emittoren **4.1** auf. In der Praxis sind Ausführungen möglich, in denen die Anzahl der Emittoren **4.1** in jeder Breitstreifen-Emittorgruppe hiervon abweichen, beispielsweise jede Breitstreifen-Emittorgruppe z. B. zwei bis fünf Emittoren **4.1** aufweist. Unabhängig von der Anzahl der Emittoren **4.1** beträgt die dann die Gesamtbreite, die jede Emittorgruppe in der X-Achse aufweist etwa 200 bis 600 µm.

Der Laserbarren **4** besitzt beispielsweise in der X-Achse eine Länge von etwa 10 mm und in der Z-Achse eine Breite von etwa 2 bis 4 mm. Mit den einzelnen Breitstreifen-Emittergruppen sind jeweils Leistungen bis 30 W möglich.

[0053] Die [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) zeigen einen Laserbarren **4**, der als Trapez-Laser-Barren mit fünf Emitttern **4.1** in Form von Trapez-Laser-Emitttern ausgeführt ist. Die Emittter **4.1** besitzen an ihrer Laserlichtaustrittsöffnung an der Vorderseite des Laserbarrens **4** in Richtung der Slow-Axis (X-Achse) eine Breite im Bereich zwischen etwa 100 und 400 μm , und zwar bei einem Achsabstand der einzelnen Emitttern **4.1** beispielsweise in der Größenordnung zwischen 1 mm–3 mm. Die einzelnen Emittter **4.1** sind so ausgeführt, dass sie im aktivierten Zustand innerhalb des Laserbarrens **4** eine zu der Vorderseite dieses Barrens hin leicht divergierende Strahlung ausbilden, und zwar mit einem Divergenzwinkel von etwa 2 bis 6° und ausgehend von einem Strahlpunkt, der gegenüber der Vorderseite des Laserbarrens **4** um etwa 2 bis 5 mm in der Z-Achse zur Laserbarrenrückseite versetzt ist und von dieser einen Abstand von etwa 400 bis 1000 μm aufweist, wie dies in der [Fig. 17](#) mit den unterbrochenen Linien angedeutet ist. Mit den Emitttern **4.1** lässt sich bei dieser Ausführung jeweils eine Leistung von bis zu 10 W erreichen. Speziell mit dem als Trapez-Laser-Barren ausgebildeten Laserbarren **4** lässt sich eine besonders hohe Brillanz für den Diodenlaser mit der vorbeschriebenen Laseroptik erreichen.

[0054] Die Höhe der Emittter **4.1** in der Fast-Axis (Y-Achse) beträgt bei den vorstehend beschriebenen Barren **4** beispielsweise 1 μm .

[0055] Die Erfindung wurde voranstehend an Ausführungsbeispielen beschrieben. Es versteht sich, dass zahlreiche Änderungen sowie Abwandlungen möglich sind, ohne dass dadurch der der Erfindung zugrundeliegende Erfindungsgedanke verlassen wird.

[0056] So ist es beispielsweise auch möglich, dass die Platten **12** der Plattenfächer **8** und **9** jeweils um eine gemeinsame Fächerachse A gegeneinander verdreht sind, die in der Ebene der Plattenschmalseite **13** liegt. Auch hier sind andere Ausführungen denkbar, beispielsweise können die Platten der Plattenfächer auch um mehrere Achsen gegeneinander fächerartig verdreht sein, und zwar jeweils zwei Platten um eine Achse. Weiterhin kann die Lage der Achse bzw. Achsen auch anders gewählt sein als vorstehend beschrieben.

[0057] Vorstehend wurde davon ausgegangen, dass jedem Emittter **4.1** eine Platte **12** zugeordnet ist. Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, jede Platte **12** zumindest des Plattenfächers **8** einer Grup-

pe von Emitttern **4.1**, beispielsweise einer Gruppe von zwei bis fünf Emitttern **4.1** zuzuordnen.

[0058] Vorstehend wurde weiterhin davon ausgegangen, dass der Fast-Axis-Kollimator **6** ein für sämtliche Emittter **4.1** gemeinsames optisches Element ist. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, für jeden Emittter **4.1** oder für jeweils eine Gruppe von wenigen Emitttern, beispielsweise von zwei oder drei Emitttern **4.1**, einen eigenständigen Fast-Axis-Kollimator vorzusehen, der dann bevorzugt individuell justierbar angeordnet ist, d. h. beispielsweise in wenigstens einer Achse (z. B. X-Achse, Y-Achse und/oder Z-Achse) verstellbar und um wenigstens eine Achse (z. B. X-Achse, Y-Achse und/oder Z-Achse) schwenkbar ist.

[0059] Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass die Platten **12** wenigstens eines Plattenfächers **8** bzw. **9** jeweils von wenigstens zwei aufeinander liegenden Einzelplatten ohne Verschränkungswinkel gebildet sind, die dann optisch die Funktion einer einzigen Platte haben.

Bezugszeichenliste

1, 1a, 1c	Diodenlaser
2, 2a	Laserdiodenanordnung
3	Substrat
4	Laserbarren
5	bandförmiger Laserstrahl
5'	Einzelstrahl
6	Fast-Axis-Kollimator
7	optische Anordnung
8, 9	Plattenfächer
10, 11	Plattenfächerseite
12	Platte
13, 14	Plattenseite
15	Spalt
16	Punkt
17	Slow-Axis-Kollimator
18	Sammellinse
19	Fokussieroptik
22	Treppenspiegel
23	Spiegelfläche

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 5127068 [0006]
- US 4763975 [0006]
- US 4818062 [0006]
- US 5268978 [0006]
- US 5258989 [0006]
- US 5168401 [0007]
- EP 0484276 [0007]
- DE 4438368 [0007]
- WO 95/15510 [0008, 0010]
- DE 1950053 [0008]
- DE 19544488 [0008]
- DE 19705574 A1 [0011]

Patentansprüche

1. Laseroptik zum Umformen wenigstens eines Laserstrahlbündels bestehend aus mehreren, jeweils von einem Emitter (4) erzeugten Laserstrahlen (5), wobei die Emitter (4.1) in einer Slow-Axis (X-Achse) der Laserstrahlen (5) gegeneinander versetzt und voneinander beabstandet sind, mit wenigstens einem im Strahlengang des Laserstrahlbündels angeordneten Plattenfächer (8), der aus mehreren Platten (12) aus einem lichtleitendem Material besteht, die in Richtung senkrecht zu ihren Oberflächenseiten (12') versetzt angeordnet sind und mit ihren Oberflächenseiten (12') in Ebenen angeordnet sind, die die Strahlenrichtung (Z-Achse) sowie die Fast-Axis (Y-Achse) der Laserstrahlen (5) einschließen, wobei die Platten (12) jeweils eine erste vorzugsweise plane Plattenschmalseite (13) für einen Strahleintritt und dieser gegenüberliegend eine zweite vorzugsweise plane Plattenschmalseite (14) für den Strahlaustritt bilden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platten (12) des Plattenfächers (8) so angeordnet sind, dass jedem Emitter (4) oder jeweils einer Gruppe aus maximal fünf Emittlern (4), beispielsweise aus wenigstens zwei oder drei Emittlern (4), eine eigenständige Platte (12) zugeordnet ist, und dass die Plattendicke der Platten (12) so gewählt ist, dass die Laserstrahlen (5) jede Platte ohne Reflexion im Bereich der Plattenoberflächenseiten (12) durchstrahlen.

2. Laseroptik nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Platten (12) des Plattenfächers (8) eine Plattendicke aufweisen, die zumindest gleich, vorzugsweise aber größer ist als die Divergenz, die der wenigstens eine, die jeweilige Platte (12) durchstrahlende Laserstrahl (5) an der zweiten Plattenschmalseite (14) aufweist.

3. Laseroptik nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass jede Platte (12) nur einem Emitter (4.1) oder nur einem Laserstrahl (5) zugeordnet ist.

4. Laseroptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Emitterabstand, den zwei einander benachbarte Emitter (4.1) oder zwei einander benachbarte Emittergruppen in Richtung der Slow-Axis voneinander aufweisen, gleich der Dicke der Platten (12) oder einem Vielfachen der Dicke der Platten (12) ist.

5. Laseroptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Strahlengang zwischen den Emittlern (4.1) und dem Plattenfächer (8) wenigstens ein Fast-Axis-Kollimator (6) vorgesehen ist.

6. Laseroptik nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Fast-Axis-Kollimator (6) für sämtliche Emitter (4.1) gemeinsam vorgesehen ist.

7. Laseroptik nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Fast-Axis-Kollimatoren (6), vorzugsweise individuell einstellbare Fast-Axis-Kollimatoren vorgesehen sind, und zwar jeweils ein Fast-Axis Kollimator (6) für jeden Emitter (4.1) oder eine Emittergruppe.

8. Laseroptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Plattenfächer (8) ein Auffächern des wenigstens einen Laserstrahlbündels in mehrere Teilstrahlen (5.1) bewirkt, die in der Fast-Axis sowie auch in der Slow-Axis gegeneinander versetzt sind.

9. Laseroptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Strahlengang auf den Plattenfächer (8) folgend wenigstens ein weiteres Umformelement zum Zusammenführen der durch den Plattenfächer (8) aufgefächerten Teilstrahlen (5.1) vorgesehen ist.

10. Laseroptik nach Anspruch 9, dass das weiter Umformelement ein weiterer Plattenfächer (9) ist, dessen Platten (12) mit ihren Oberflächenseiten (12') senkrecht zur Fast-Axis der Laserstrahlen (5, 5') orientiert sind.

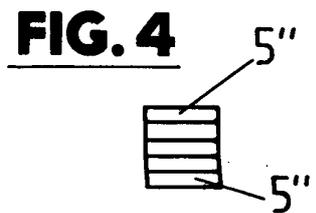
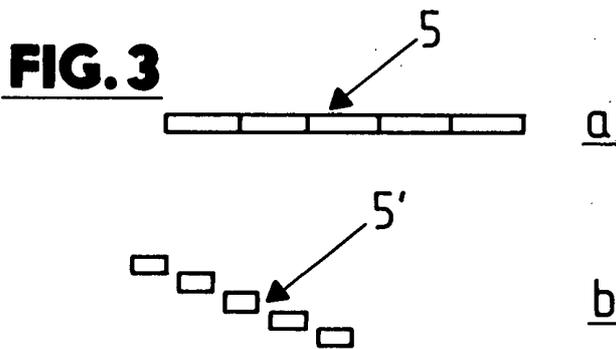
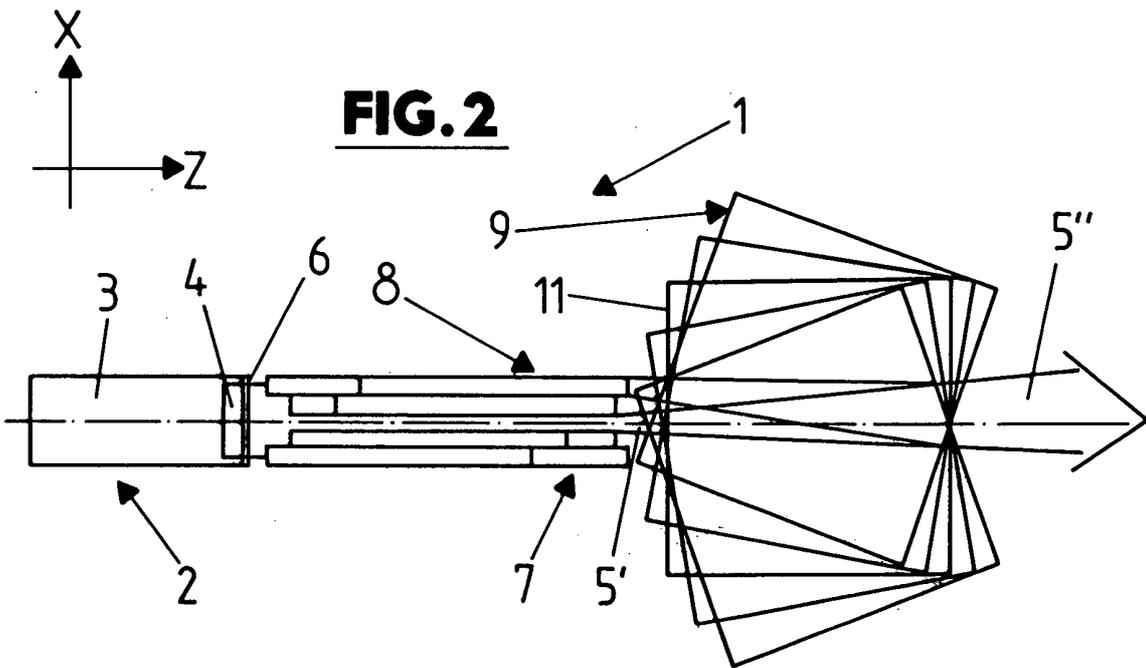
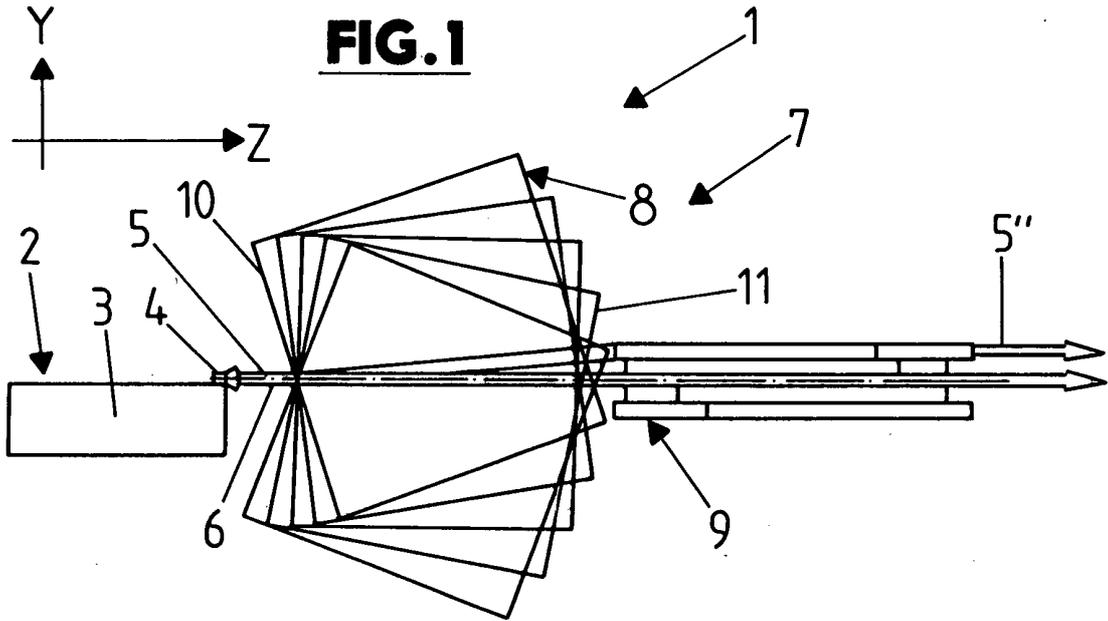
11. Laseroptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Plattenschmalseiten (13, 14) des wenigstens einen Plattenfächers (8, 9) fächerartig derart gegeneinander verdreht sind, dass die erste Plattenschmalseite (13) jeder Platte (12) in einer Ebene (E) liegt, die mit der Ebene der ersten Plattenschmalseite (13) jeder benachbarten Platte (12) einen Winkel (α) einschließt, dass die ersten Plattenschmalseiten (13) in ihrer Gesamtheit eine erste Plattenfächerseite (13) und die zweiten Plattenschmalseiten (14) in ihrer Gesamtheit eine zweite Plattenfächerseite (14) jeweils für den Eintritt oder Austritt des den Plattenfächer durchstrahlenden wenigstens einen Laserstrahls bilden, und dass die Ebenen (E) der Plattenschmalseiten (13, 14) sowie die Fächerachse (A) senkrecht zu den Oberflächenseiten (12') der Platten (12) orientiert sind.

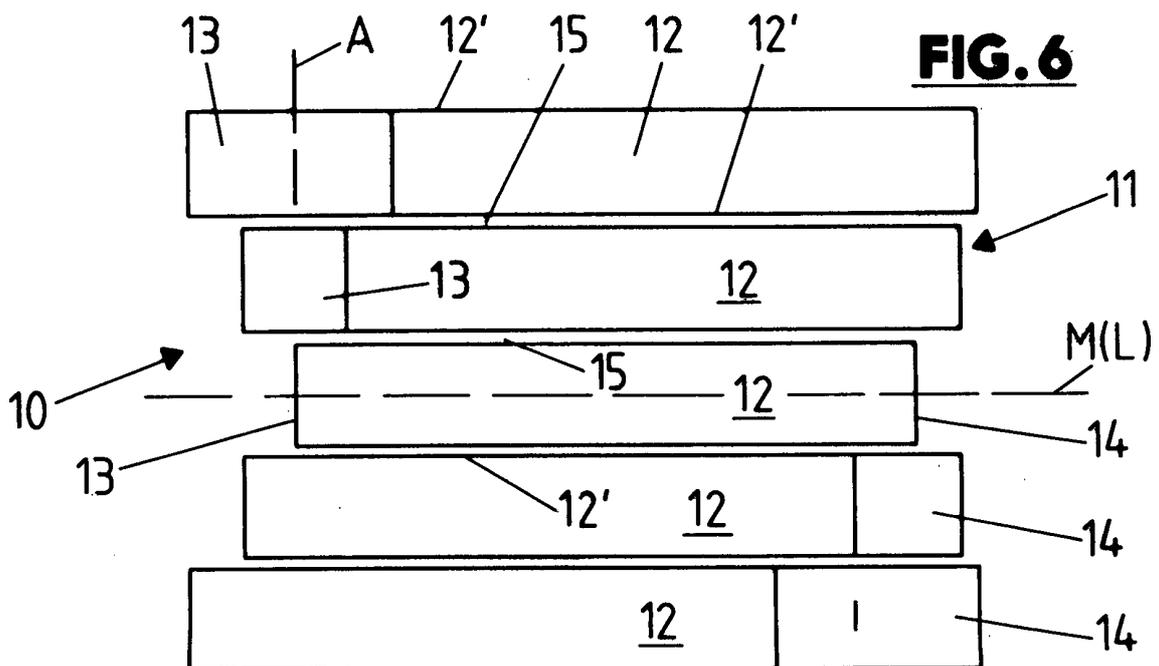
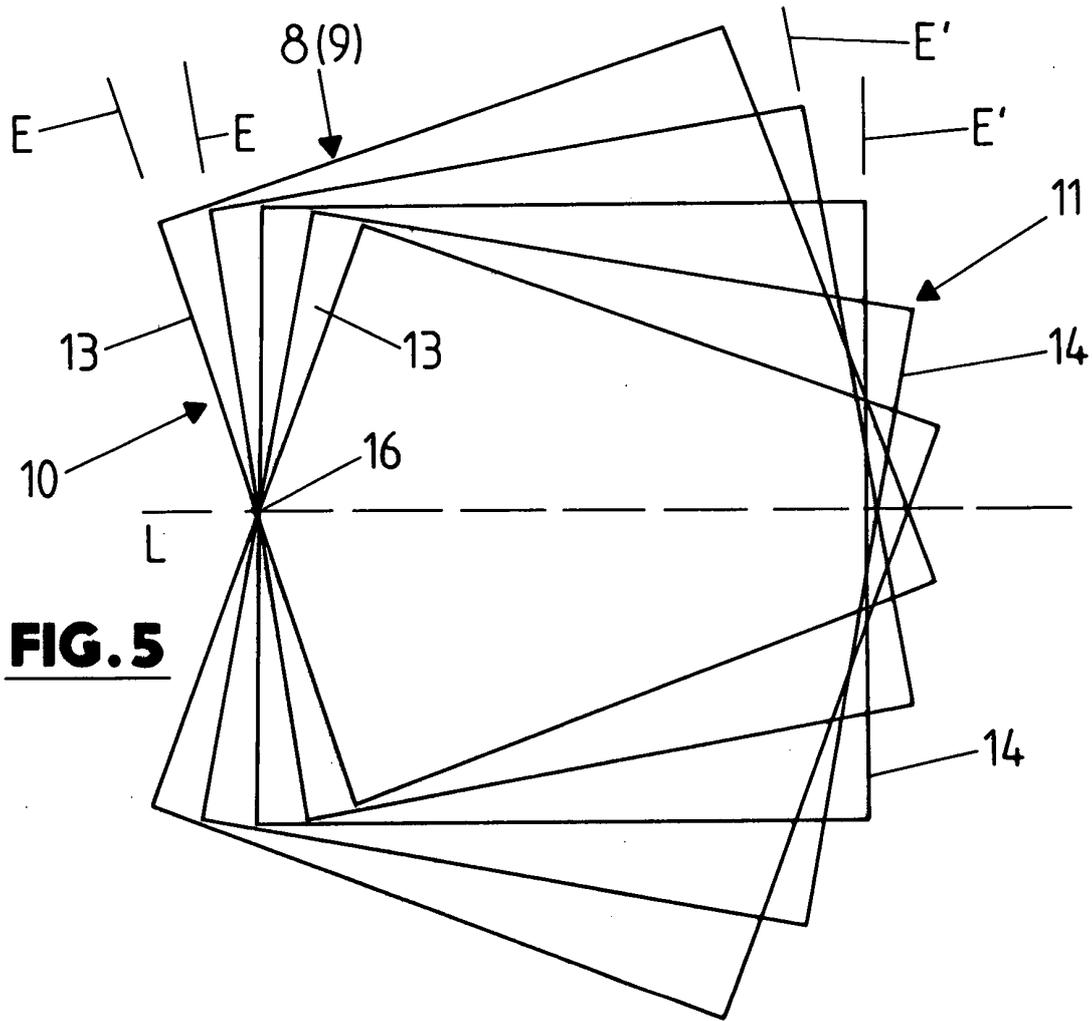
12. Laseroptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Plattenschmalseiten (13, 14) an jeder Platte (12) parallel oder im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind.

13. Laseroptik nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Platten des Plattenfächers (8) jeweils von wenigstens zwei aufeinander liegenden Einzelplatten gebildet sind.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





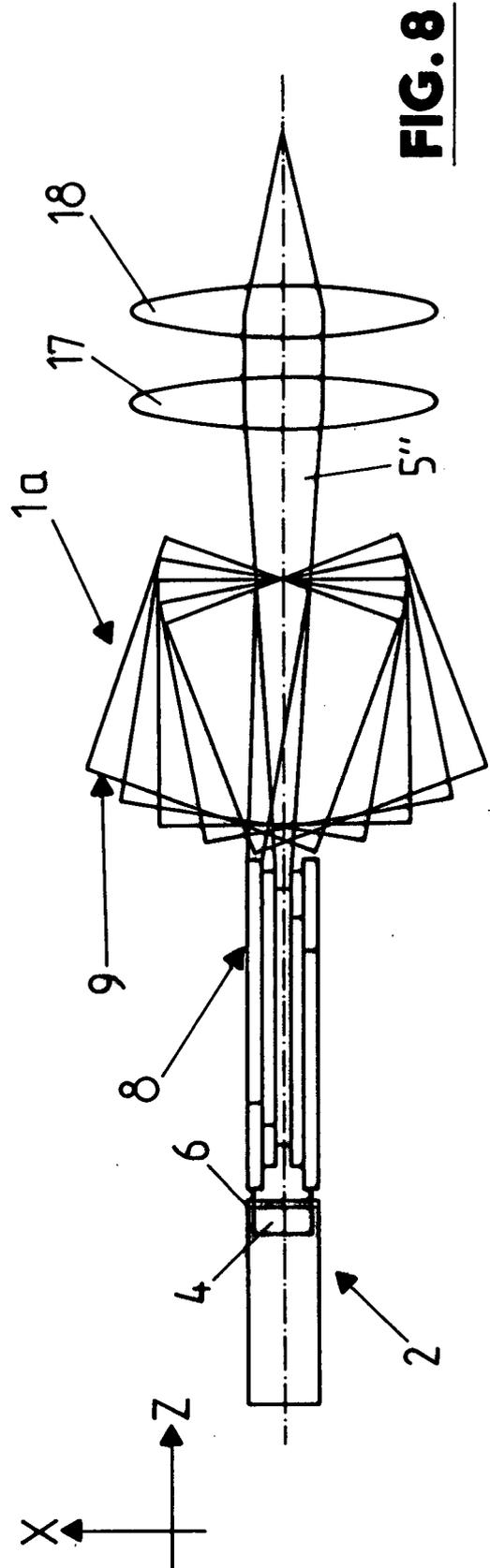
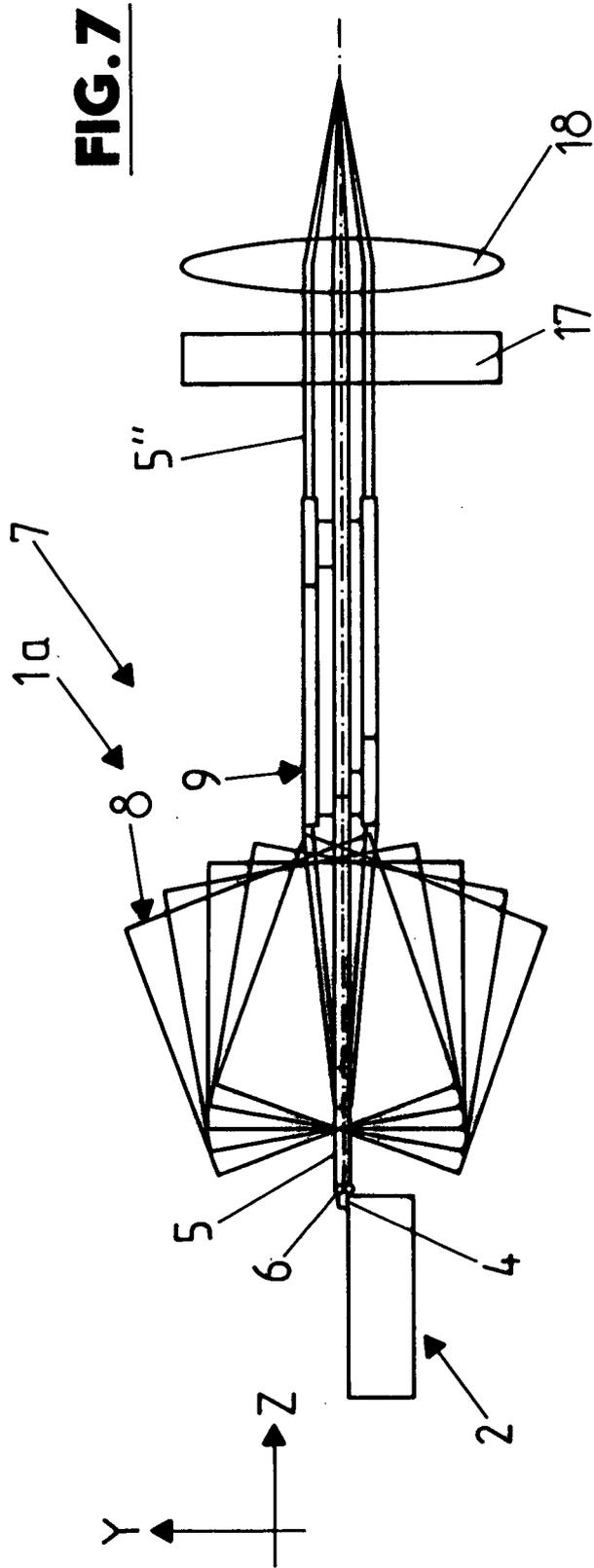


FIG. 9

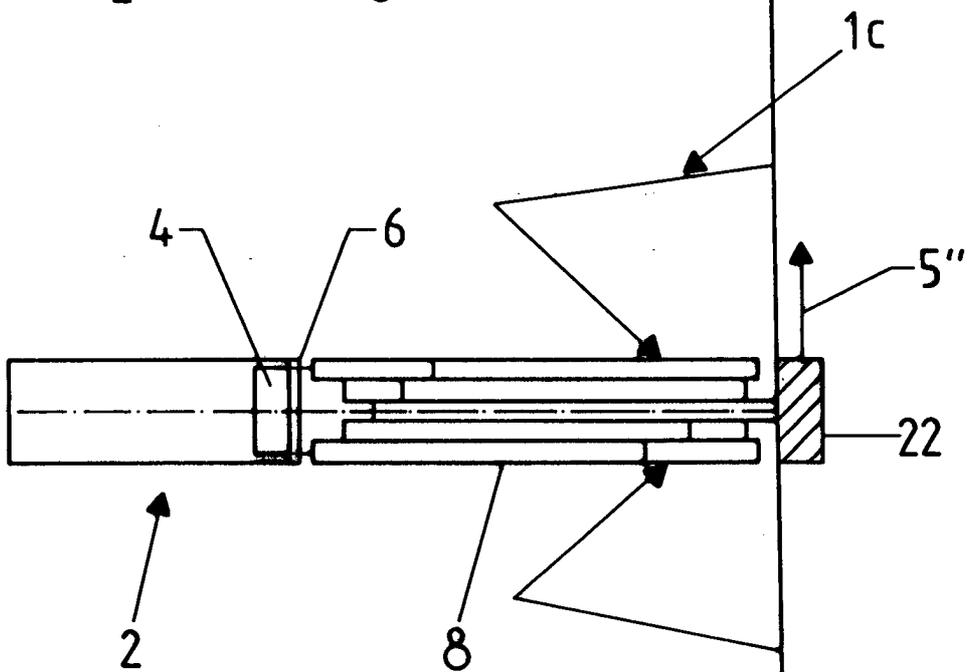
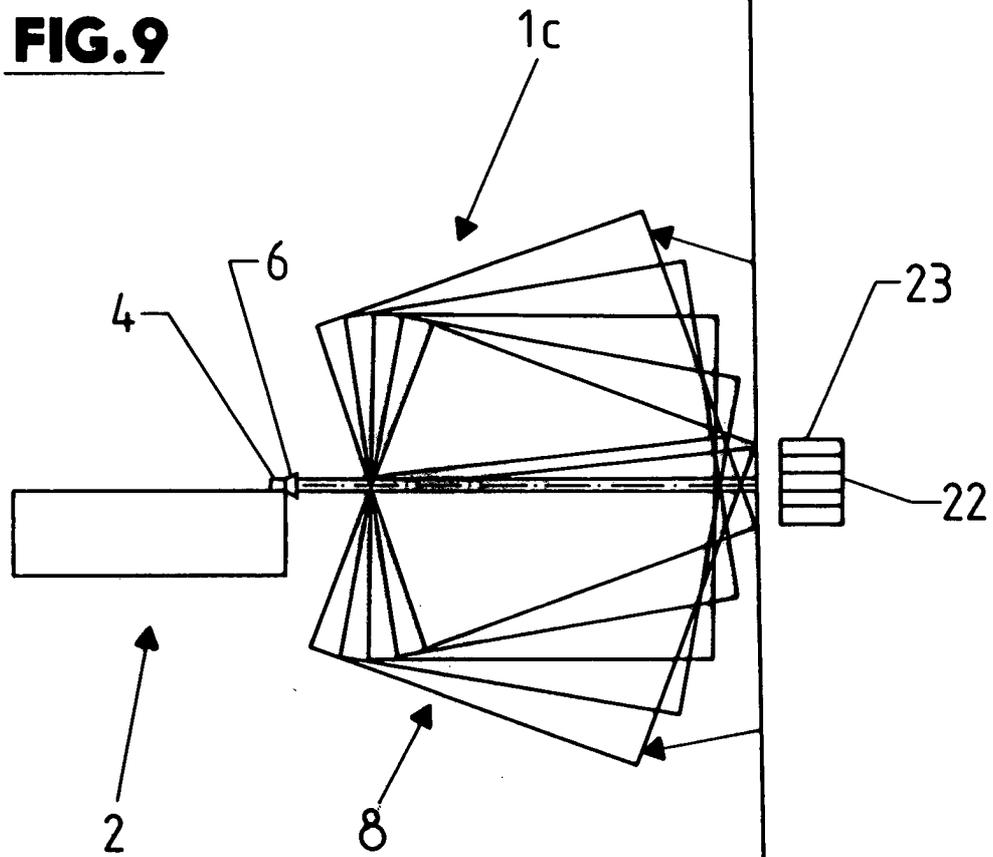


FIG. 10

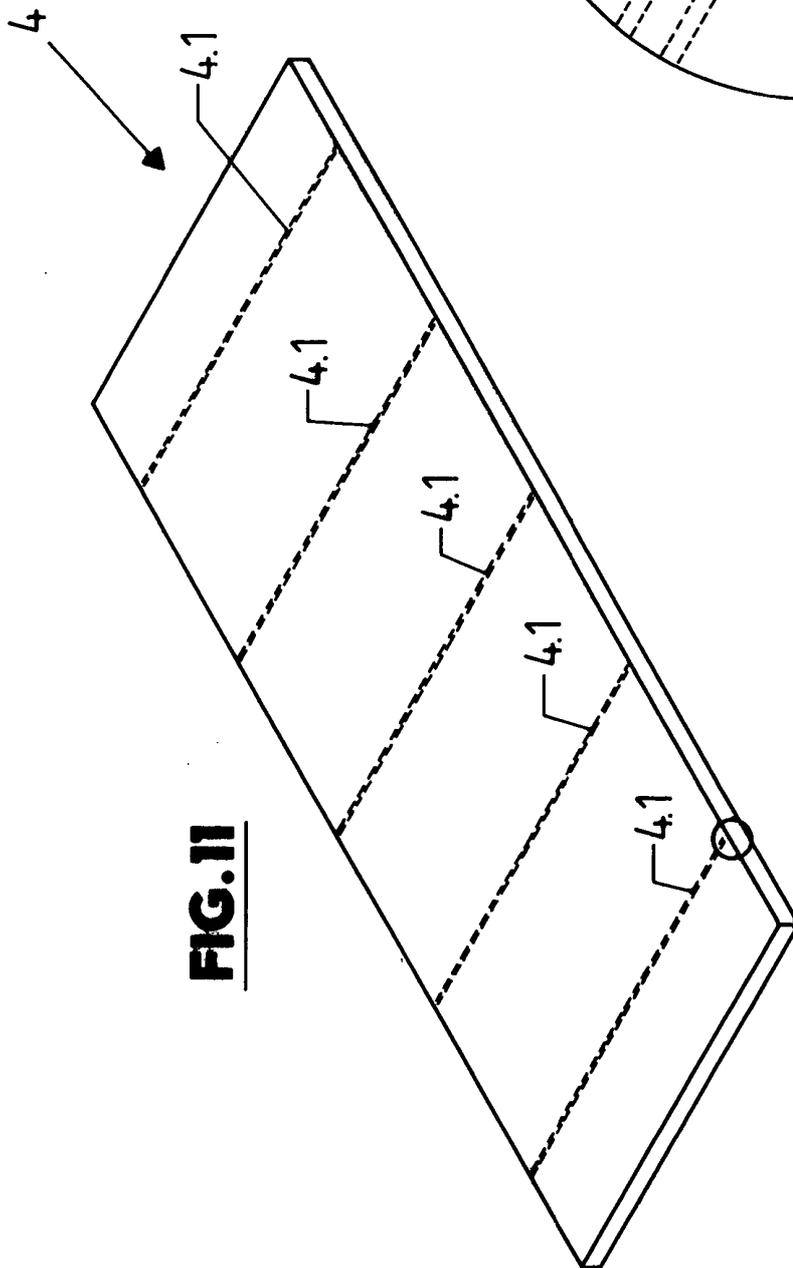


FIG. 11

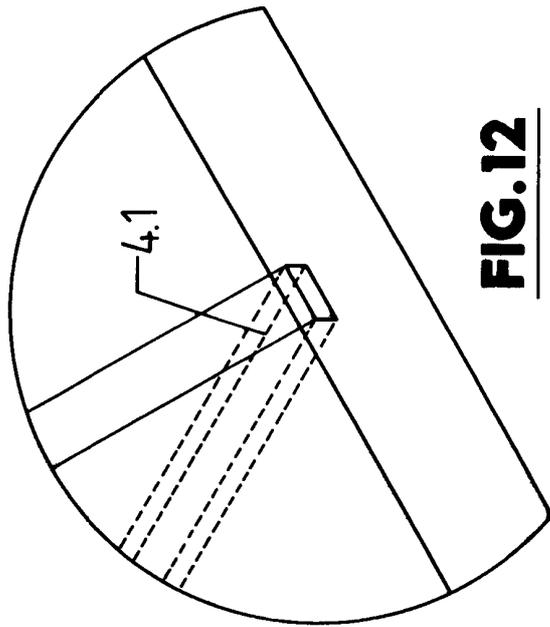


FIG. 12

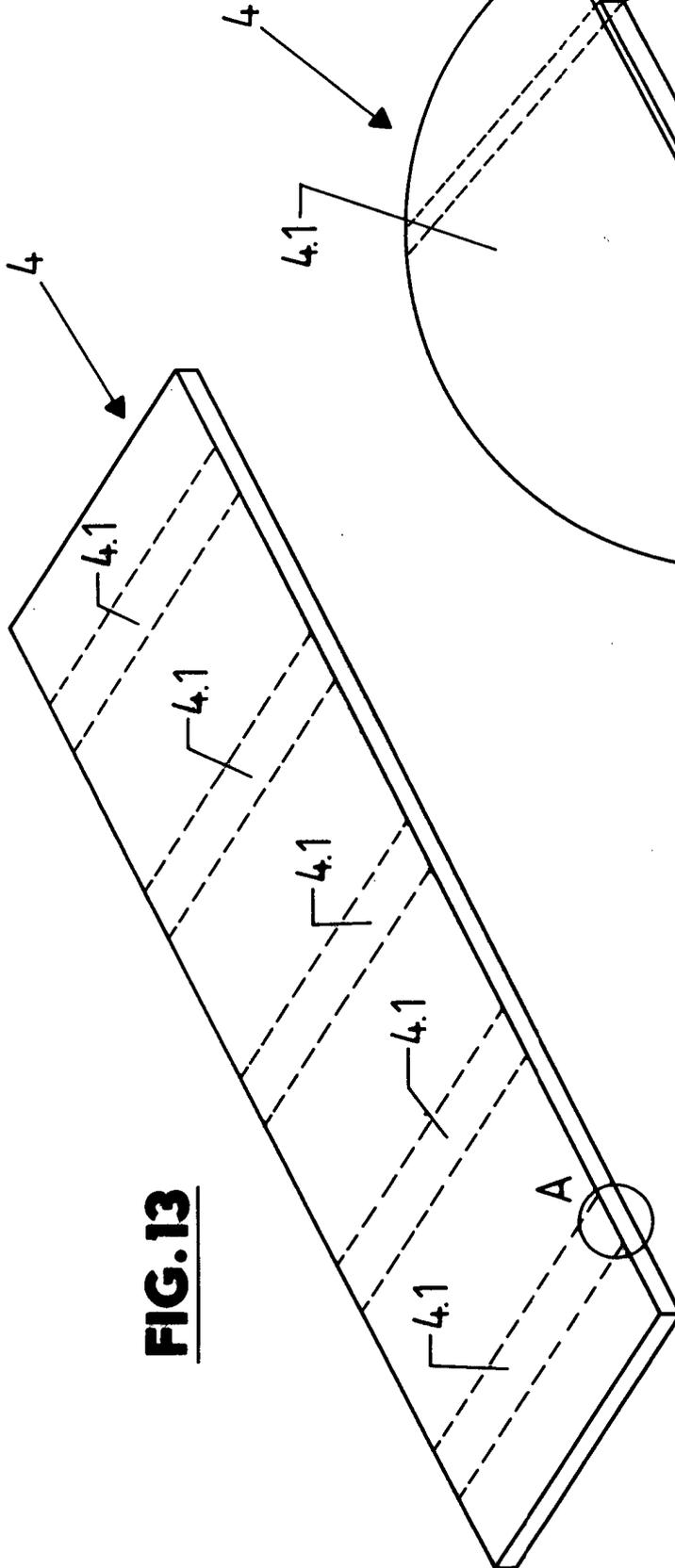


FIG. 13

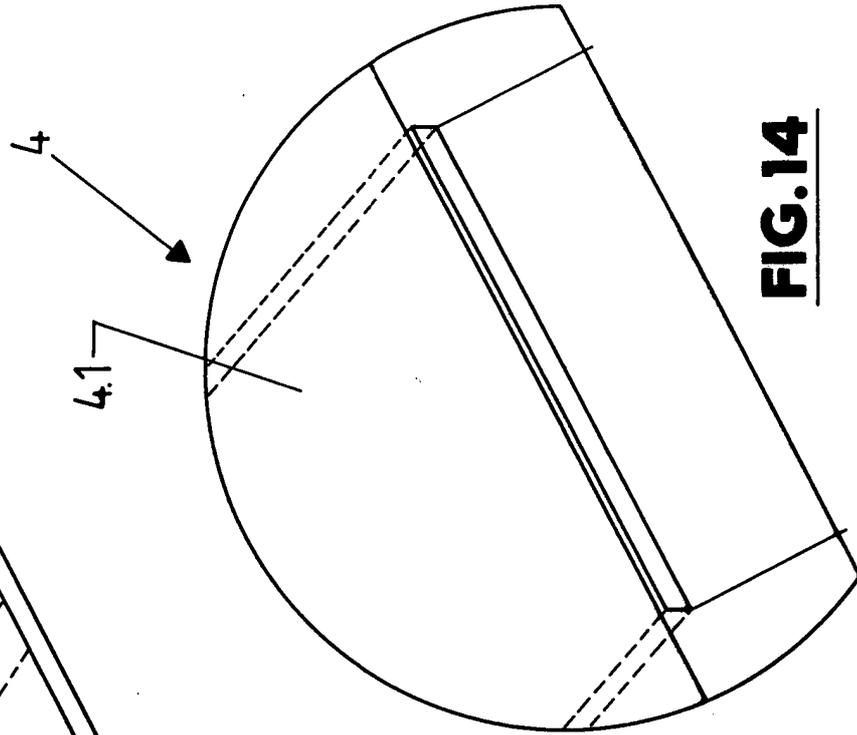


FIG. 14

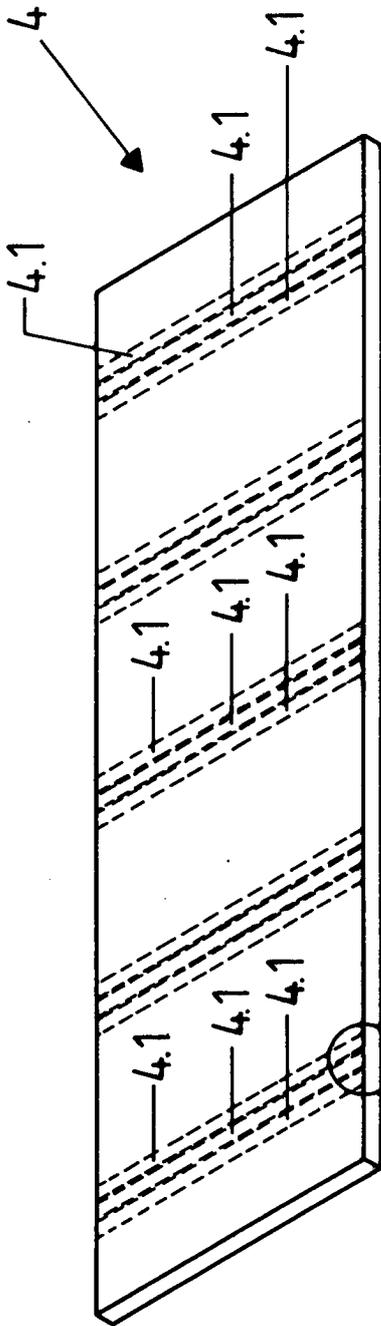


FIG. 15

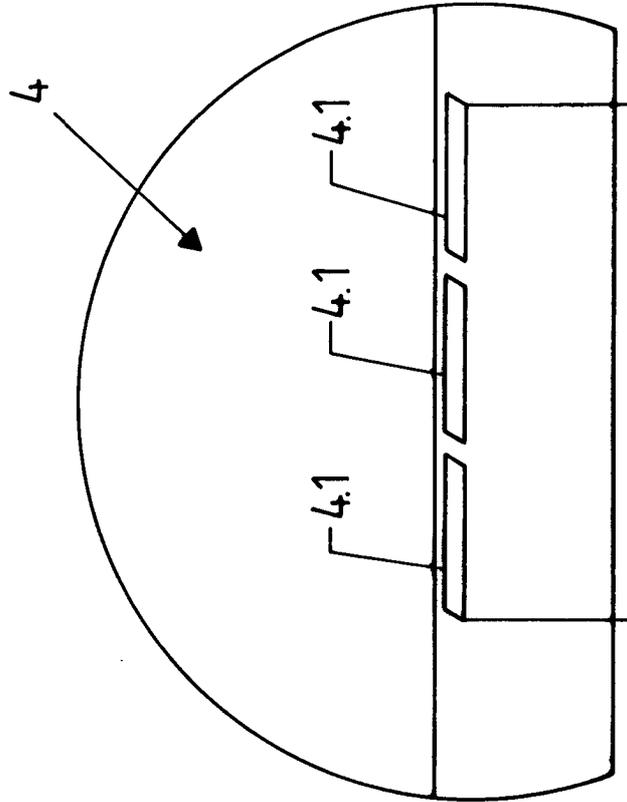


FIG. 16

