



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 287 893 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) B 23 K 26/06
H 01 P 3/20

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD B 23 K / 332 700 6	(22)	15.09.89	(44)	14.03.91
(71)	siehe (73)				
(72)	Reiße, Günter, Prof. Dr. sc. nat. Dipl.-Phys.; Fischer, Andreas, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Steiger, Bernhard, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Exner, Horst, Dr.-Ing. Dipl.-Ing., DE				
(73)	Ingenieurhochschule Mittweida, Direktorat Forschung und Internationale Beziehungen, Platz der DSF 17, O - 9250 Mittweida, DE				
(54)	Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen				

(55) Laserstrahl; Laserstrahlhomogenisierung; Laserstrahlfokussierung; Laserstrahlaufweitung; Lasermaterialbearbeitungsverfahren; Laserstrahlschneiden; Laserstrahlschweißen; Laserstrahlbohren; Oberflächenhärten; reflexionsoptisches Bauteil

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen. Die Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen dient insbesondere für Lasermaterialbearbeitungsverfahren, die den Einsatz von Laserstrahlen hoher Leistung erfordern, wie beispielsweise das Schneiden, Schweißen und Bohren metallischer und keramischer Werkstücke, das Oberflächenhärten von Eisenwerkstoffen und die laserstrahlinduzierte Modifizierung von Keramikwerkstoffen. Die Basis bildet ein einheitliches Baukastenprinzip, das ausschließlich aus reflexionsoptischen, gut kühlbaren Bauteilen besteht, das wahlweise gleichzeitig das Homogenisieren der Leistungsflußdichteverteilung, das Aufweiten und das Fokussieren von Laserstrahlen gestattet und keine wesentlich größeren Abmessungen besitzt als entsprechende transmissionsoptische Systeme.

Patentanspruch:

1. Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen unter Verwendung von für die eingestrahlte Laserwellenlänge hochreflektierenden Spiegelflächen, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein kegelförmiger Spiegel (2) achsenparallel in Richtung eines einfallenden Laserstrahlbündels (1) angeordnet ist und daß ein kegelstumpfmantelförmiger Spiegel (3) und ein weiterer kegelstumpfmantelförmiger Spiegel (6) sowie ein kegelförmig oder kegelmantelförmig ausgebildeter Spiegel (7) so befestigt sind, daß durch die Reflexion des einfallenden Laserstrahlbündels (1) am kegelförmigen Spiegel (2), den kegelstumpfförmigen Spiegeln (3, 6) und dem kegelförmig oder kegelmantelförmig ausgebildeten Spiegel (7) eine Homogenisierung und Fokussierung oder Homogenisierung, Aufweitung und Fokussierung oder eine Aufweitung oder eine Aufweitung und Fokussierung des einfallenden Laserstrahlbündels (1) auf der Oberfläche des Werkstückes (9) erreicht wird.
2. Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der kegelförmige Spiegel (2) eine gerade Oberflächenkontur besitzt.
3. Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der kegelförmige Spiegel (2) eine konvexe Oberflächenkontur aufweist.
4. Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der kegelstumpfmantelförmige Spiegel (3) eine gerade Oberflächenkontur besitzt.
5. Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der kegelstumpfmantelförmige Spiegel (3) eine konkave Oberflächenkontur aufweist.
6. Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Oberflächenkontur des kegelstumpfmantelförmigen Spiegels (3) konvex ausgebildet ist.
7. Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der kegelstumpfmantelförmige Spiegel (6) eine gerade Oberflächenkontur besitzt.
8. Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der kegelstumpfmantelförmige Spiegel (6) eine konkave Oberflächenkontur aufweist.
9. Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Oberflächenkontur des kegelstumpfmantelförmigen Spiegels (6) konvex ausgebildet ist.
10. Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der kegelmantelförmig ausgebildete Spiegel (7) dem kegelförmigen Spiegel (2) gleichgerichtet ist.
11. Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der kegelförmig ausgebildete Spiegel (7) dem kegelförmigen Spiegel (2) entgegengesetzt gerichtet ist.
12. Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der kegelförmig oder kegelmantelförmig ausgebildete Spiegel (7) eine gerade Oberflächenkontur besitzt.
13. Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der kegelförmig oder kegelmantelförmig ausgebildete Spiegel (7) eine konkave Oberflächenkontur besitzt.
14. Vorrichtung zum Homogenisieren, Fokussieren und Aufweiten von Laserstrahlen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der kegelförmige Spiegel (2) und der kegelförmig oder kegelmantelförmig ausgebildete Spiegel (7) eine konstruktive, hohl ausgeführte Einheit bilden und die Halterung über die Kühlmittleitungen (4) erfolgt.

Hierzu 4 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung ist anwendbar auf den Gebieten der Technik, die Laserstrahlen für die abtragende, tügende und formgebende Bearbeitung sowie für die Modifizierung der Eigenschaften von leitenden, halbleitenden und isolierenden Werkstoffen verwenden. Dazu gehören insbesondere Lasermaterialbearbeitungsverfahren, die den Einsatz von Laserstrahlen hoher Leistung erfordern, wie beispielsweise das Schneiden, Schweißen und Bohren metallischer und keramischer Werkstücke, das Oberflächenhärten von Eisenwerkstoffen und die laserstrahlinduzierte Modifizierung von Keramikwerkstoffen.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es sind bereits Vorrichtungen zum Homogenisieren, zum Aufweiten und zum Fokussieren von Laserstrahlen bekannt. Zum Aufweiten und Fokussieren von Laserstrahlen werden gegenwärtig vorwiegend transmissionsoptische Systeme verwendet. Infolge des relativ hohen Absorptionsgrades der eingesetzten Festkörpermateriale, insbesondere für langwellige Infrarotstrahlung, treten dabei durch Absorption Strahlverluste in den transmissionsoptischen Systemen auf, die für den Lasermaterialbearbeitungsprozeß nicht mehr zur Verfügung stehen und durch Erwärmung der Transmissionsoptiken deren optische Parameter verändern. Die bei der Reflexion an Festkörperoberflächen entstehenden Strahlverluste sind dagegen, insbesondere für langwellige Infrarotstrahlung, wesentlich geringer. Aus diesem Grunde ist es von Vorteil, zum Aufweiten und Fokussieren von Laserstrahlen reflexionsoptische Systeme zu verwenden, deren optische Parameter aufgrund der besseren Kühlbarkeit auch leichter konstant gehalten werden können als die optischen Parameter von transmissionsoptischen Baugruppen.

Reflexionsoptische Systeme zum Aufweiten und Fokussieren von Photonenstrahlen sind zum Beispiel in den folgenden Patentschriften offenbart worden:

In den Patentschriften EP B 23K 26/06 0087403, EP G 02B 27/18 0108618, DE G 02B 17/02 2558923, DE G 02B 17/18 2036369, DE G 02B 17/00 3313708, DE G 02B 17/00 3504366 A1 und DE B 23K 26/00 2813642 werden beispielsweise rotationssymmetrische Spiegelsysteme beschrieben, die klassische Lichtstrahlen thermischer Strahlungsquellen oder Laserstrahlung an einem kegelförmigen Spiegel mit gerader, konvexer oder konkaver Oberflächenkontur oder an einem konvex ausgebildeten Spiegel radialsymmetrisch reflektieren und mit Hilfe von kegeltumpfmantelförmigen Spiegeln mit gerader oder konkaver Oberflächenkontur in einen zylindermantelförmigen Strahl umwandeln oder als kegelmantelförmigen Strahl fokussieren; in der Patentschrift EP G 02B 27/18 0108618 ist die Fokussierung des Strahles zu einer Linie offenbart. Bei der in der Patentschrift EP G 02B 27/14 0144611 A1 beschriebenen Anordnung wird das einfallende parallele Strahlenbündel mit Hilfe eines Spiegels, der aus einer Vielzahl von kreisringförmigen, ineinander angeordneten Elementen mit dreieckigen Querschnitt besteht, radialsymmetrisch reflektiert und mit Hilfe eines kegeltumpfmantelförmigen Spiegels fokussiert. In der Patentschrift DE B 23K 26/00 2908195 ist die Aufspaltung und radialsymmetrische Reflexion des in die Anordnung einfallenden parallelen Strahlenbündels in eine Vielzahl von Teilstrahlen und deren Zusammenführung offenbart.

Der Nachteil dieser bekannten optischen Systeme besteht darin, daß der austretende Laserstrahl ein ringförmiges Intensitätsprofil besitzt, wodurch die Lasermaterialbearbeitung bei Verwendung dieser fokussierenden Optiken nur im Fokus des Laserstrahles möglich ist, und die beim Einsatz von Transmissionsoptiken übliche Defokussierung des Laserstrahles zur Verringerung einer Leistungsflußdichte und Vergrößerung seines Brennfleckdurchmessers auf der Werkstückoberfläche nicht anwendet werden kann.

In der Patentschrift DE G 02B 17/02 2258923 ist des weiteren ein reflexionsoptisches System beschrieben, das eine Parallelausrichtung oder Fokussierung der von klassischen punktförmigen Lichtquellen emittierten divergierenden Strahlen dadurch ermöglicht, daß der einfallende divergierende Strahl nach der rotationssymmetrischen Reflexion an einem kegelförmigen Spiegel mit konvexer Oberflächenkontur von einem zylinderförmigen Spiegel mit konvexer Oberflächenkontur auf einen dem ersten kegelförmigen Spiegel entgegengesetzt gerichteten kegelförmigen Spiegel mit konkaver Oberflächenkontur gerichtet und von diesem als paralleler Strahl reflektiert oder fokussiert wird. Das in der Patentschrift DE G 02B 17/08 2036369 B2 offenbarte gleichartige optische System besitzt anstelle der kegelförmigen Spiegel entgegengesetzt gerichtete konvexe Spiegel.

Zur Erzielung möglichst kleiner Fokusdurchmesser ist es oft erforderlich, den Laserstrahl vor der Fokussierung entsprechend aufzuweiten. Eine Aufweitung des Laserstrahles mit Hilfe eines reflexionsoptischen Systems aus entsprechend angeordneten konvexen, konkaven und zwei planen reflektierenden Spiegeln ist in der Patentschrift EP G 02B 17/00 0096193 beschrieben. Diese Anordnung benötigt jedoch einen im Vergleich zu Transmissionsoptiken relativ großen Bauraum und wird nicht gleichzeitig für die Fokussierung des Laserstrahles eingesetzt.

Für viele Anwendungen von Laserstrahlen zur Materialbearbeitung ist die vom Laser im TEM₀₀-Mode generierte gaußförmige Leistungsflußdichteverteilung des Laserstrahles nicht optimal. Eine Vergleichmäßigung der Leistungsflußdichteverteilung des Laserstrahles im Zeitmittel wird beispielsweise durch eine bereits bekannte, in den Patentschriften WO G 02B 17/06 80/01419 und DE B 23K 26/06 3217226 offenbarte, Vorrichtung aus drei in den Eckpunkten eines Dreiecks mit entsprechender Neigung angeordnete plane Spiegel erreicht, die um die durch die Eckpunkte gelegte optische Achse des Laserstrahles schnell rotieren. Diese Vorrichtung benötigt einen großen Bauraum, ist von der mechanisch bewegten Teile störanfällig und nicht geeignet für die Homogenisierung gepulster Laserstrahlen.

In der Patentschrift EP B 23K 26/06 0116333 wird ein Spiegelsystem zur Änderung der Leistungsflußdichteverteilung beschrieben, das aus zwei nicht in einer Achse angeordneten Hohlspiegeln und einem sich konisch verjüngenden rohrförmigen Spiegel besteht, der die Randbereiche des Laserstrahles in Richtung seiner optischen Achse reflektiert. Diese Vorrichtung benötigt ein großes Bauvolumen und ist wegen der nicht rotationssymmetrisch ausgeführten Konstruktion schwer herstellbar.

In der Patentschrift EP G 02 B 17/00 0080597 wird eine Vorrichtung zur Aufweitung und Homogenisierung von Laserstrahlen durch Strahlreflexion an zwei um 90° zueinander angeordnete und um 90° um ihre optische Achse gedrehte linearkonkave Spiegel, deren reflektierende Fläche mit einem halbzylinderförmigen Profil geriffelt ist, vorgestellt. Diese Vorrichtung ist für die Erzeugung großflächiger homogenisierter Laserstrahlen ohne nachfolgende Fokussierung geeignet, jedoch schwer herstellbar.

Reflexionsoptische Vorrichtungen, die eine gleichzeitige Homogenisierung, Aufweitung und Fokussierung von Laserstrahlen ermöglichen und einen mit transmissionsoptischen Systemen vergleichbares Bauvolumen besitzen, sind nicht bekannt.

Ziel der Erfindung

Es ist das Ziel der Erfindung, die Mängel der bekannten technischen Lösungen zu vermeiden und zylinderförmige Laserstrahlen mit vorzugsweise gaußförmiger Leistungsflußdichteverteilung zu homogenisieren, zu fokussieren bzw. aufzuweiten.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, Vorrichtungen zu entwickeln, die nach einem einheitlichen Baukastenprinzip realisierbar sind, ausschließlich aus reflexionsoptischen, gut kühlbaren Bauteilen bestehen, wahlweise gleichzeitig das Homogenisieren der Leistungsflußdichteverteilung, das Aufweiten und das Fokussieren von Laserstrahlen gestatten und keine wesentlich größeren Abmessungen besitzen als entsprechende transmissionsoptische Systeme.

Die Ursachen der Mängel der bekannten technischen Lösungen bestehen darin, daß die Mehrzahl der bekannten rotationssymmetrischen reflexions-optischen Vorrichtungen eine über den Strahlquerschnitt nicht homogenisierte Leistungsflußdichteverteilung des Laserstrahles erzeugen und daß durch die konstruktive Gestaltung bedingt mit den bekannten Vorrichtungen eine gleichzeitige Homogenisierung, Aufweitung und Fokussierung des Laserstrahles nicht durchführbar ist und daß die Homogenisierung und gleichzeitige Aufweitung und Fokussierung mit den bekannten Vorrichtungen aufwendig ist und nur erschwert realisiert werden kann.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe unter Verwendung von teilweise bekannten rotationssymmetrischen reflexionsoptischen Bauteilen, die hochreflektierende Spiegelflächen für die jeweilige eingestrahlte Laserwellenlänge besitzen, dadurch gelöst, daß ein in die Vorrichtung einfallendes Laserstrahlbündel mit vorzugsweise gaußförmiger Leistungsflußdichteverteilung zunächst in bekannter Weise von einem ersten kegelförmigen Spiegel mit vorzugsweise gerade ausgebildeter Oberflächenkontur radialsymmetrisch zur Symmetrieachse des Spiegels, die vorzugsweise mit der optischen Achse des Laserstrahlbündels übereinstimmt und gleichzeitig die Symmetrieachse der Vorrichtung darstellt, reflektiert wird. Der reflektierte Laserstrahl, der scheibenförmig oder hohlkegelförmig ausgebildet ist, wird danach mit Hilfe von entlang der optischen Achse der Vorrichtung nacheinander angeordneten ein oder mehreren kegelstumpfmantelförmig oder zylindermantelförmig ausgebildeten Spiegeln, deren Symmetrieachse mit der Symmetrieachse des ersten kegelförmigen Spiegels übereinstimmt und deren Oberflächenkontur rotationssymmetrisch zur Symmetrieachse wahlweise gerade, konvex oder konkav gestaltet ist, geformt, beispielsweise zu hohlkegelförmigen und/oder sich in Ausbreitungsrichtung überschneidende doppelhohlkegelförmigen und/oder scheibenförmigen Laserstrahlen mit in Ausbreitungsrichtung gleicher, sich vergrößernder oder verkleinernder Wanddicke, und mit im Vergleich zum einfallenden Strahlenbündel als leistungsflußdichte- und flächeninvertierter Laserstrahl und folglich mit über den Strahlquerschnitt invertierter Leistungsflußdichteverteilung auf einen zweiten kegelförmigen Spiegel, der dem ersten kegelförmigen Spiegel entgegengesetzt gerichtet ist, oder mit im Vergleich zum einfallenden Strahlenbündel über den Strahlquerschnitt gleicher Leistungsflußdichteverteilung auf einen kegelmantelförmigen Spiegel, der dem ersten kegelförmigen Spiegel gleichgerichtet ist, gelenkt. Die Oberflächenkontur des zweiten kegelförmigen Spiegels und des kegelmantelförmigen Spiegels, deren Symmetrieachsen mit der Symmetrieachse des ersten kegelförmigen Spiegels übereinstimmen, sind rotationssymmetrisch zur Symmetrieachse gerade oder konkav oder konvex ausgebildet, so daß in Abhängigkeit von der konstruktiven Ausführung der gesamten Vorrichtung der vom zweiten kegelförmigen Spiegel oder vom kegelmantelförmigen Spiegel reflektierte, aus der Vorrichtung austretende Laserstrahl mit im Vergleich zum einfallenden Strahlenbündel über den Strahlquerschnitt invertierter und somit homogenisierter Leistungsflußdichteverteilung als fokussiertes oder als aufgeweitetes paralleles oder als aufgeweitetes divergierendes oder als aufgeweitetes und fokussiertes Laserstrahlbündel ausgebildet ist.

Zur Kühlung der reflektierenden Flächen sind die kegelförmigen Spiegel und der kegelmantelförmige, die wahlweise paarweise eine konstruktive Einheit bilden, als Hohlkörper ausgebildet und werden durch rohrförmig mit linsenförmigem Querschnitt ausgeführte Spiegelhalterungen mit einem geeigneten Kühlmedium im Durchfluß gekühlt. Die kegelstumpfmantelförmig oder zylindermantelförmig ausgebildeten Spiegel sind zur Kühlung der reflektierenden Flächen doppelwandig ausgeführt und besitzen aufgelötete Kühlschlangen an der Spiegelträgerückseite.

Ausführungsbeispiel

Nachfolgend wird die Vorrichtung anhand von vier Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die zugehörigen Zeichnungen zeigen

Fig. 1: Eine Vorrichtung zum Homogenisieren von Laserstrahlen, bestehend aus zwei eine konstruktive Einheit bildenden kegelförmigen Spiegeln und zwei getrennt angeordneten kegelstumpfmantelförmigen Spiegeln.

Fig. 2: Eine Vorrichtung zum Homogenisieren von Laserstrahlen, bestehend aus einem kegelförmigen und mit diesem eine konstruktive Einheit bildenden kegelstumpfmantelförmigen Spiegel und zwei getrennt angeordneten kegelstumpfmantelförmigen Spiegeln.

Fig. 3: Eine Vorrichtung zum Aufweiten von Laserstrahlen.

Fig. 4: Eine Vorrichtung zum Aufweiten und Fokussieren von Laserstrahlen.

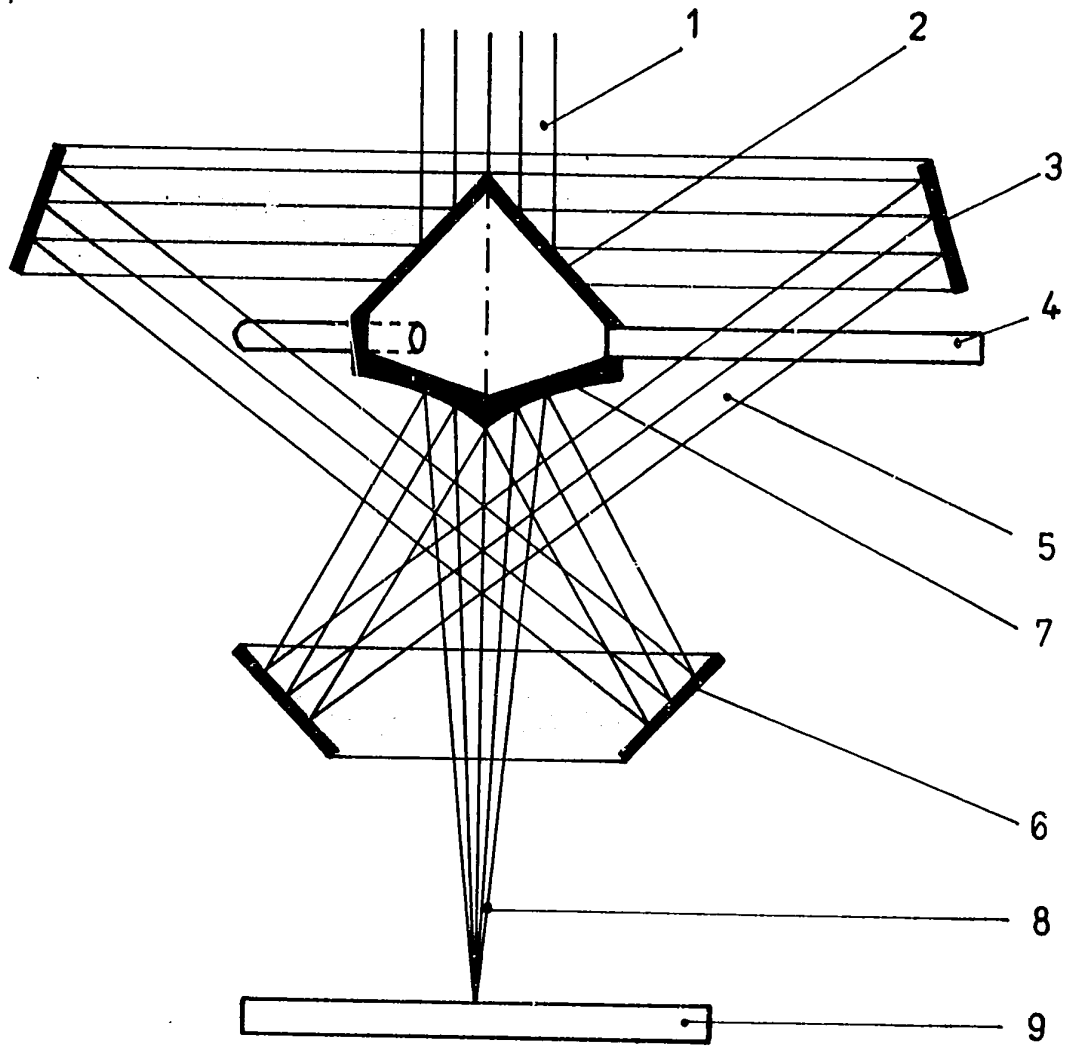
Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 wird der durch die in bekannter Weise erfolgende Reflexion des einfallenden, achsenparallelen Laserstrahlbündels 1 an einen ersten kegelförmigen Spiegel 2 mit gerader Oberflächenkontur entstehende scheibenförmige Laserstrahl durch die weitere Reflexion an einem ersten kegelstumpfmantelförmigen Spiegel 3 mit gerader Oberflächenkontur zu einem sich in Ausbreitungsrichtung nach dem kegelförmigen Spiegel 2 und einem zweiten kegelförmigen Spiegel 7 überschneidenden, doppelhohlkegelförmigen Laserstrahl 5 geformt, von einem zweiten kegelstumpfmantelförmigen Spiegel 6 mit gerader Oberflächenkontur auf den zweiten kegelförmigen Spiegel 7, der dem ersten kegelförmigen Spiegel 2 entgegengesetzt gerichtet ist, mit diesem eine konstruktive Einheit bildet und eine konkave Oberflächenkontur besitzt, gelenkt und als leistungsflußdichte- und flächeninvertierter Laserstrahl 8 auf die Oberfläche des Werkstückes 9 fokussiert.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 wird der durch die in bekannter Weise erfolgende Reflexion des einfallenden, achsenparallelen Laserstrahlbündels 1 an einem ersten kegelförmigen Spiegel 2 mit gerader Oberflächenkontur entstehende scheibenförmige Laserstrahl durch die weitere Reflexion an einem ersten kegelstumpfmantelförmigen Spiegel 3 mit gerader Oberflächenkontur zu einem hohlzylinderförmigen Laserstrahl 5 geformt, von einem zweiten kegelstumpfmantelförmigen Spiegel 6 mit gerader Oberflächenkontur auf einen zweiten kegelförmigen Spiegel 7, der dem ersten kegelförmigen Spiegel 2 gleichgerichtet ist, mit diesem eine konstruktive Einheit bildet und eine konkave Oberflächenkontur besitzt, gelenkt und als leistungsflußdichte- und flächeninvertierter Laserstrahl 8 auf die Oberfläche des Werkstückes 9 fokussiert.

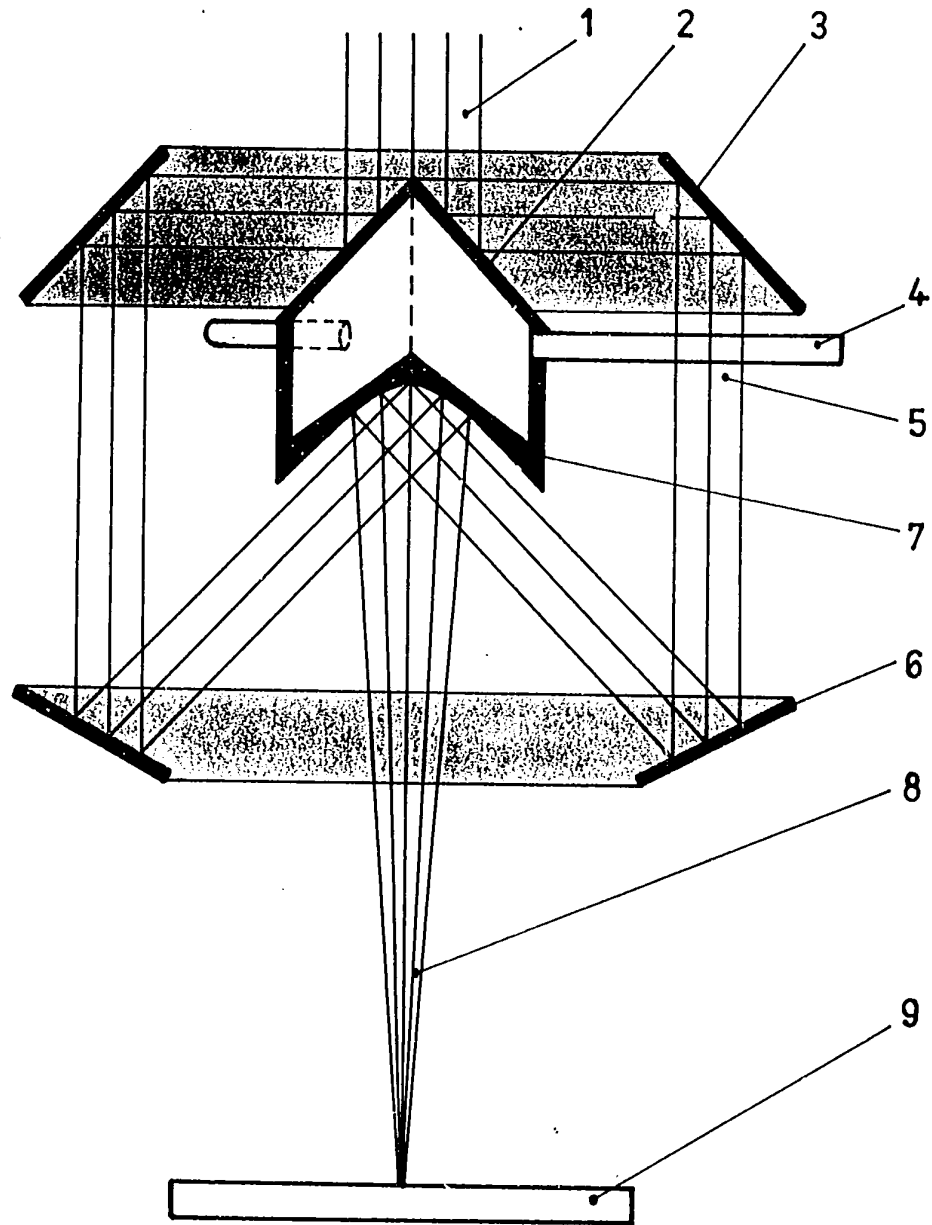
In weiterer Ausbildung der Erfindungen nach Figur 1 und Figur 2 besitzen zur Erzielung einer langen Brennweite der kegelstumpfmantelförmige Spiegel 6 eine konkave und der zweite kegelförmige oder kegelmantelförmige Spiegel 7 eine gerade Oberflächenkontur und zur Erzeugung von aufgeweiteten, homogenisierten und wahlweise fokussierten Laserstrahlen ist die Oberflächenkontur des kegelstumpfmantelförmigen Spiegels 3 konvex und des kegelstumpfmantelförmigen Spiegels 6 konkav und des zweiten kegelförmigen oder kegelmantelförmigen Spiegels 7 gerade oder konkav oder die Oberflächenkontur des kegelstumpfmantelförmigen Spiegels 6 ist konvex und des zweiten kegelförmigen oder kegelmantelförmigen Spiegels 7 ist konkav ausgebildet.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 wird ein in die Vorrichtung einfallendes achsenparalleles Laserstrahlbündel 1 zunächst in bekannter Weise von einem kegelförmigen Spiegel 2 mit gerader Oberflächenkontur radialsymmetrisch reflektiert. Der entstehende scheibenförmige Laserstrahl wird durch die Reflexion an einem kegelstumpfmantelförmigen Spiegel 3 mit konvexer Oberflächenkontur zu einem hohlzylinderförmigen Laserstrahl 5 mit sich vergrößernder Wanddicke aufgeweitet, von einem weiteren kegelstumpfmantelförmigen Spiegel 6 mit konkaver Oberflächenkontur zu einem scheibenförmigen, senkrecht auf die optische Achse der Vorrichtung gerichteten Laserstrahl geformt und von einem weiteren dem kegelförmigen Spiegel 2 entgegengesetzt gerichteten, mit diesem eine konstruktive Einheit bildenden, kegelförmigen Spiegel 7 mit gerader Oberflächenkontur zu einem achsenparallelen, aufgeweiteten, aus der Vorrichtung austretenden Laserstrahl 8 geformt.

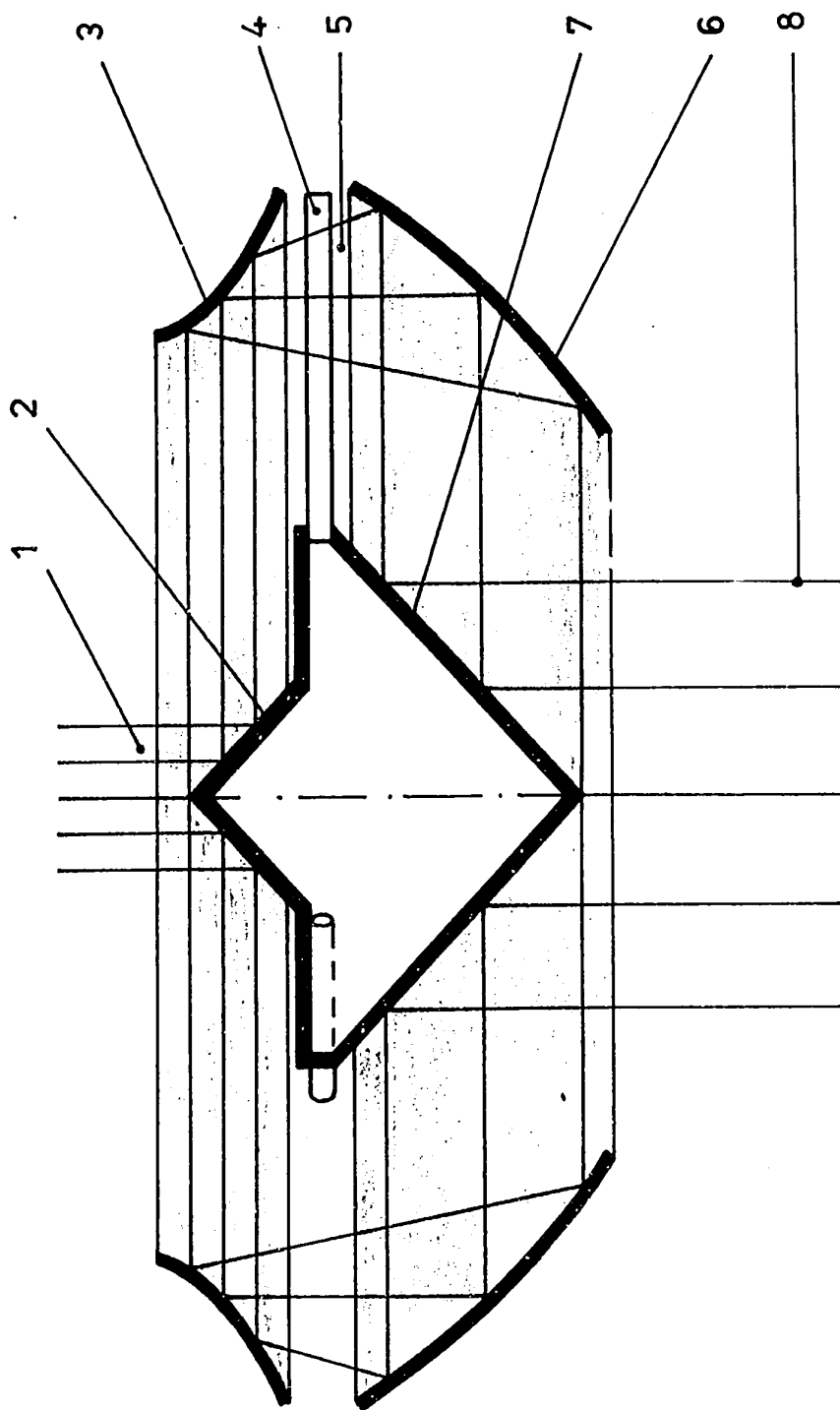
Bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 4 wird der vom kegelstumpfmantelförmigen Spiegel 6 geformte scheibenförmige Laserstrahl im Unterschied zum Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 von einem kegelförmigen Spiegel 7 mit konkaver Oberflächenkontur zu einem aufgeweiteten und fokussierten, aus der Vorrichtung austretenden Laserstrahl 8 geformt und auf die Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstückes 9 gerichtet. Dabei wird die Brennweite der Vorrichtung durch den sich entlang der konkaven Oberflächenkontur des kegelförmigen Spiegels 7 sich stetig ändernden Krümmungsradius bestimmt. Die Kühlung der kegelförmigen Spiegel 2 und 7 erfolgt durch die Zu- und Ableitung des Kühlmediums durch die rohrförmig mit linsenförmigem Querschnitt ausgebildeten, um 120° zueinander versetzt angeordneten Spiegelhalter 4; die kegelstumpfmantelförmigen Spiegel 3 und 6 sind zur Kühlung auf der Rückseite des Spiegelträgers mit nicht eingezeichnetem doppelwandigen Aufbau oder mit aufgelöteten Rohrschlangen versehen.



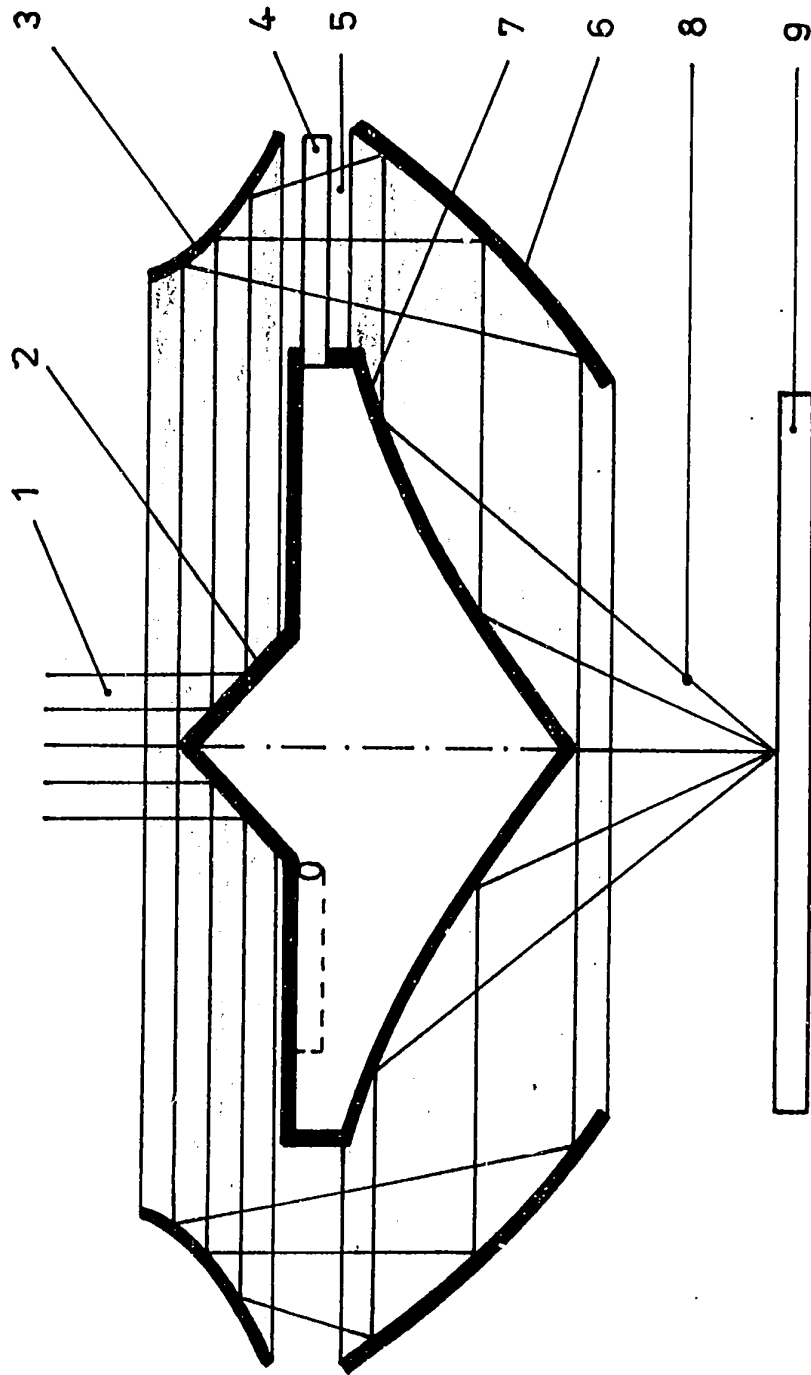
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4