



(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2008 005 219 A1 2009.07.23

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2008 005 219.1

(22) Anmeldetag: 18.01.2008

(43) Offenlegungstag: 23.07.2009

(51) Int Cl.⁸: **G02B 27/09** (2006.01)
G02B 3/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

**LIMO Patentverwaltung GmbH & Co. KG, 36419
Gerstengrund, DE**

(74) Vertreter:

FRITZ Patent- und Rechtsanwälte, 59757 Arnsberg

(72) Erfinder:

Lissotschenko, Vitalij, Dr., 58730 Fröndenberg, DE

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

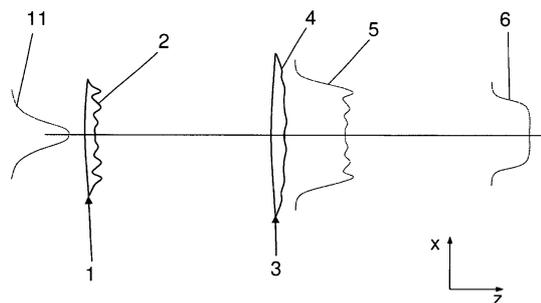
US	66 54 183	B2
DE	198 38 087	C2
US	58 64 430	A
DE	101 21 747	A1
US	34 76 463	

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Formung eines Lichtstrahls sowie Verfahren zur Herstellung einer derartigen Vorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Vorrichtung zur Formung eines Lichtstrahls, umfassend eine erste refraktive Fläche (2), durch die der zu formende Lichtstrahl hindurchtreten kann, wobei die erste refraktive Fläche (2) derart gestaltet ist, dass sie in einem vorgegebenen Bereich in Ausbreitungsrichtung (Z) hinter der ersten refraktiven Fläche (2) eine Intensitätsverteilung (5) in Querrichtung des Lichtstrahls erzeugen kann, die einer gewünschten Intensitätsverteilung (6) im Wesentlichen entspricht, sowie eine zweite refraktive Fläche (4), durch die der zu formende Lichtstrahl nach dem Hindurchtritt durch die erste refraktive Fläche (2) hindurchtreten kann, wobei die zweite refraktive Fläche (4) in dem Bereich in Ausbreitungsrichtung (Z) hinter der ersten refraktiven Fläche (2) angeordnet ist, in dem diese die gewünschte Intensitätsverteilung (5) erzeugen kann, und wobei die zweite refraktive Fläche (4) derart gestaltet ist, dass sie die Wellenfront des Lichtstrahls begradigen kann, so dass die gewünschte Intensitätsverteilung (6) in einer Arbeitsebene, die in Ausbreitungsrichtung (Z) hinter der zweiten refraktiven Fläche (4) angeordnet ist, erzeugt werden kann, wobei in der Arbeitsebene die Wellenfront des Lichtstrahls vergleichsweise flach ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Formung eines Lichtstrahls sowie ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Vorrichtung.

[0002] Definitionen: In Ausbreitungsrichtung der Laserstrahlung meint mittlere Ausbreitungsrichtung der Laserstrahlung, insbesondere wenn diese keine ebene Welle ist oder zumindest teilweise divergent ist. Mit Lichtstrahl, Teilstrahl oder Strahl ist, wenn nicht ausdrücklich anderes angegeben ist, kein idealisierter Strahl der geometrischen Optik gemeint, sondern ein realer Lichtstrahl, wie beispielsweise ein Laserstrahl mit einem Gauß-Profil oder einem modifizierten Gauß-Profil, der keinen infinitesimal kleinen, sondern einen ausgedehnten Strahlquerschnitt aufweist.

[0003] [Fig. 1](#) zeigt eine aus dem Stand der Technik bekannte Vorrichtung zur Formung eines Lichtstrahls. Auf diese Vorrichtung trifft von links beziehungsweise negativer Z-Richtung ein Laserstrahl mit einem Gauß-Profil **11**. Die Vorrichtung umfasst eine Powelllinse **12** und eine Fourierlinse **13**. Die Powelllinse **12** erzeugt eine Feldverteilung, die im Fernfeld eine Intensitätsverteilung bilden kann, die einer so genannten Top-Hat- oder Flat-Top-Verteilung entspricht. Die Fourierlinse **13** transformiert die Fernfeldverteilung in eine konkrete Intensitätsverteilung **14** in einer Arbeitsebene. Die Arbeitsebene ist dabei in der ausgangsseitigen Brennebene (siehe Brennweite F) der Fourierlinse **14** angeordnet. Die Intensitätsverteilung **14** in der Arbeitsebene entspricht einer Top-Hat-Verteilung.

[0004] Nachteilig bei dieser Vorrichtung ist die Tatsache, dass die Wellenfront des Laserstrahls in der Arbeitsebene stark gekrümmt ist.

[0005] Aufgrund dieser starken Krümmung liegt in Ausbreitungsrichtung Z des Laserstrahls nur in einem sehr engen Bereich ($\pm \Delta z$) um die Arbeitsebene herum eine Top-Hat-Verteilung vor. Weiterhin ist die Top-Hat-Verteilung aufgrund der scharfen Ränder sehr instabil und unterliegt starken Beugungseffekten.

[0006] Das der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Problem ist die Schaffung einer Vorrichtung der eingangs genannten Art, die in einem größeren Bereich um die Arbeitsebene herum eine vorgegebene Feldverteilung beziehungsweise Intensitätsverteilung aufweist. Weiterhin soll ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Vorrichtung angegeben werden.

[0007] Dies wird hinsichtlich der Vorrichtung durch eine Vorrichtung der eingangs genannten Art mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie hinsichtlich des

Verfahrens durch ein Verfahren der eingangs genannten Art mit den Merkmalen des Anspruchs 5 erreicht. Die Unteransprüche betreffen bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0008] Gemäß Anspruch 1 ist vorgesehen, dass die Vorrichtung eine erste refraktive Fläche umfasst, durch die der zu formende Lichtstrahl hindurch treten kann, wobei die erste refraktive Fläche derart gestaltet ist, dass sie in einem vorgegebenen Bereich in Ausbreitungsrichtung hinter der ersten refraktiven Fläche eine Intensitätsverteilung in Querrichtung des Lichtstrahls erzeugen kann, die einer gewünschten Intensitätsverteilung im Wesentlichen entspricht, wobei die Vorrichtung weiterhin eine zweite refraktive Fläche umfasst, durch die der zu formende Lichtstrahl nach dem Hindurchtritt durch die erste refraktive Fläche hindurch treten kann, wobei die zweite refraktive Fläche in dem Bereich in Ausbreitungsrichtung hinter der ersten refraktiven Fläche angeordnet ist, in dem diese die gewünschte Intensitätsverteilung erzeugen kann, und wobei die zweite refraktive Fläche derart gestaltet ist, dass sie die Wellenfront des Lichtstrahls begradien kann, so dass die gewünschte Intensitätsverteilung in einer Arbeitsebene, die in Ausbreitungsrichtung hinter der zweiten refraktiven Fläche angeordnet ist, erzeugt werden kann, wobei in der Arbeitsebene die Wellenfront des Lichtstrahls vergleichsweise flach ist. Durch die vergleichsweise flache Wellenfront wird erreicht, dass in einem größeren Bereich um die Arbeitsebene herum die gewünschte Feldverteilung beziehungsweise Intensitätsverteilung vorliegt.

[0009] Es kann vorgesehen sein, dass die gewünschte Intensitätsverteilung einer Multi-Gauß-Verteilung entspricht. Eine derartige Verteilung ist wesentlich stabiler und unterliegt keinen starken Beugungseffekten.

[0010] Das Verfahren gemäß Anspruch 5 sieht folgende Verfahrensschritte vor:

- Berechnen mindestens einer refraktiven Fläche, die in einer Arbeitsebene eine vorgegebene Intensitäts- und/oder Feldverteilung des zu formenden Lichtstrahls erzeugen kann, wobei die Berechnung auf Basis der Wellenoptik durchgeführt wird,
- Fertigen der mindestens einen berechneten refraktiven Fläche.

[0011] Auf diese Weise kann eine Vorrichtung geschaffen werden, die exakt die gewünschte Verteilung in der Arbeitsebene erzeugt.

[0012] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden deutlich anhand der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Abbildungen. Darin zeigen

[0013] **Fig. 1** eine schematische Seitenansicht einer Vorrichtung zur Formung eines Lichtstrahls gemäß dem Stand der Technik;

[0014] **Fig. 2** eine schematische Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Formung eines Lichtstrahls.

[0015] In den Figuren sind zur besseren Orientierung kartesische Koordinatensysteme eingezeichnet.

[0016] Auf die erfindungsgemäße Vorrichtung (siehe **Fig. 2**) trifft von links beziehungsweise negativer Z-Richtung ein Laserstrahl mit einem Gauß-Profil **11**. Die Vorrichtung umfasst ein erstes Substrat **1** mit einer ersten refraktiven Fläche **2** auf der Austrittsseite und ein zweites Substrat **3** mit einer zweiten refraktiven Fläche **4** auf der Austrittsseite. Die Eintrittsseiten der Substrate **1, 3** können plan oder gekrümmt ausgebildet sein. Im abgebildeten Ausführungsbeispiel sind sie leicht konvex gekrümmt, so dass sie ebenfalls als refraktive Flächen dienen und zu der Formung des Lichtstrahls beitragen. Auf die Eintrittsseiten der Substrate **1, 3** wird jedoch im Nachfolgenden nicht näher eingegangen.

[0017] Die erste refraktive Fläche **2** erzeugt im Bereich des zweiten Substrats **3** eine Intensitätsverteilung **5**, die im wesentlichen der gewünschten Intensitätsverteilung entspricht. Es handelt sich bei der gewünschten Intensitätsverteilung um eine so genannte Multi-Gauß-Verteilung, die einer Aufintegration einer Vielzahl von in X-Richtung nebeneinander angeordneten Gauß-Verteilungen entspricht. Eine derartige Multi-Gauß-Verteilung weist ein Plateau auf, das dem einer Top-Hat-Verteilung entspricht. Allerdings fallen die Flanken nicht unendlich steil von 1 auf 0 ab, sondern weisen eine endliche Steilheit auf.

[0018] Die zweite refraktive Fläche **4** korrigiert die Wellenfront des Laserstrahls derart, dass in der Arbeitsebene die gewünschte Intensitätsverteilung **6** mit einer flachen Wellenfront entsteht. Die Intensitätsverteilung **6** in der Arbeitsebene entspricht einer Multi-Gauß-Verteilung.

[0019] Es besteht die Möglichkeit, dass die beiden refraktiven Flächen **2, 4** auf einem gemeinsamen Substrat angeordnet sind, wobei die erste refraktive Fläche **2** die Eintrittsfläche und die zweite refraktive Fläche **4** die Austrittsfläche ist.

[0020] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann dadurch hergestellt werden, dass ausgehend von der gewünschten Intensitätsverteilung die Oberflächentopologien der ersten und der zweiten refraktiven Flächen **2, 4** berechnet werden, wobei als Basis dieser Berechnung Wellengleichungen dienen. Dabei kann ein Optimierungs-Algorithmus verwendet werden, der insbesondere ein genetischer Algorithmus sein

kann. Der Optimierungs-Algorithmus kann durch Einflussnahme auf die Topologie der refraktiven Flächen **2, 4** die Steilheit der Flanken der gewünschten Intensitätsverteilung und/oder die Länge des Bereichs in Z-Richtung, in dem sich die Intensitätsverteilung nicht oder nur unwesentlich ändert, optimieren. Weiterhin kann eine Optimierung der Homogenität und/oder der maximalen Intensität des Laserstrahls in der Arbeitsebene durchgeführt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Formung eines Lichtstrahls, umfassend

– mindestens eine erste refraktive Fläche (**2**), durch die der zu formende Lichtstrahl hindurch treten kann, wobei die erste refraktive Fläche (**2**) derart gestaltet ist, dass sie in einem vorgegebenen Bereich in Ausbreitungsrichtung (Z) hinter der ersten refraktiven Fläche (**2**) eine Intensitätsverteilung (**5**) in Querrichtung des Lichtstrahls erzeugen kann, die einer gewünschten Intensitätsverteilung (**6**) im Wesentlichen entspricht, sowie

– mindestens eine zweite refraktive Fläche (**4**), durch die der zu formende Lichtstrahl nach dem Hindurchtritt durch die erste refraktive Fläche (**2**) hindurch treten kann, wobei die zweite refraktive Fläche (**4**) in dem Bereich in Ausbreitungsrichtung (Z) hinter der ersten refraktiven Fläche (**2**) angeordnet ist, in dem diese die gewünschte Intensitätsverteilung (**5**) erzeugen kann, und wobei die zweite refraktive Fläche (**4**) derart gestaltet ist, dass sie die Wellenfront des Lichtstrahls begradigen kann, so dass die gewünschte Intensitätsverteilung (**6**) in einer Arbeitsebene, die in Ausbreitungsrichtung (Z) hinter der zweiten refraktiven Fläche (**4**) angeordnet ist, erzeugt werden kann, wobei in der Arbeitsebene die Wellenfront des Lichtstrahls vergleichsweise flach ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die gewünschte Intensitätsverteilung (**6**) einer Multi-Gauß-Verteilung entspricht.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ein erstes Substrat (**1**) und ein zweites, von dem ersten verschiedenes, und vorzugsweise beabstandetes, Substrat (**3**) umfasst, wobei die erste refraktive Fläche (**2**) auf dem ersten Substrat (**1**) und die zweite refraktive Fläche (**4**) auf dem zweiten Substrat (**3**) angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ein Substrat umfasst, auf dem die erste refraktive Fläche (**2**) und die zweite refraktive Fläche (**4**) angeordnet sind.

5. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung zur Formung eines Lichtstrahls, gekennzeichnet

durch folgende Verfahrensschritte:

- Berechnen mindestens einer refraktiven Fläche (**2, 4**), die in einer Arbeitsebene eine vorgegebene Intensitäts- und/oder Feldverteilung (**6**) des zu formenden Lichtstrahls erzeugen kann, wobei die Berechnung auf Basis der Wellenoptik durchgeführt wird,
- Fertigen der mindestens einen berechneten refraktiven Fläche (**2, 4**).

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Optimierungs-Algorithmus für die Berechnung der mindestens einen refraktiven Fläche (**2, 4**) genutzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Optimierungs-Algorithmus ein genetischer Algorithmus ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Optimierungs-Algorithmus zur Optimierung, insbesondere zur Maximierung der Steilheit der Flanken der Intensitätsverteilung (**6**) in der Arbeitsebene verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Optimierungs-Algorithmus zur Optimierung, insbesondere zur Maximierung der Intensität und/oder der Homogenität in einem vorgegebenen Bereich der Arbeitsebene verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4 ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

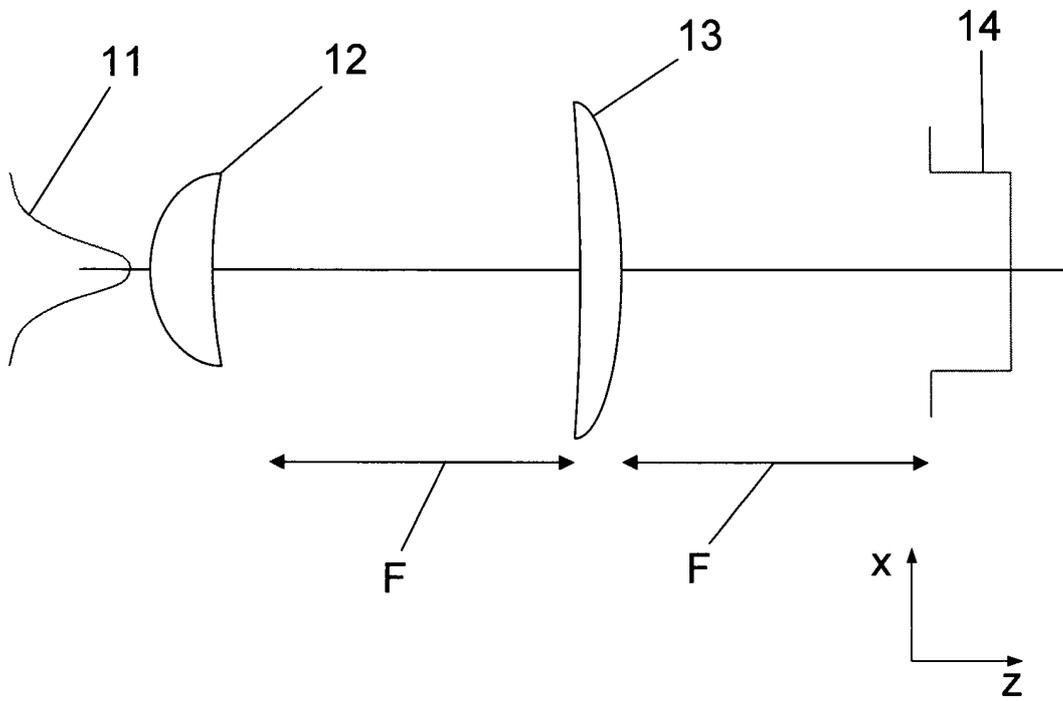


Fig. 2

