

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
06. August 2020 (06.08.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2020/156819 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

G02B 7/182 (2006.01) G02B 27/09 (2006.01)  
B23K 26/06 (2014.01) G02B 27/10 (2006.01)  
B23K 26/073 (2006.01) G02B 27/14 (2006.01)  
B23K 26/70 (2014.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/050982

(22) Internationales Anmeldedatum:  
16. Januar 2020 (16.01.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2019 102 512.5  
31. Januar 2019 (31.01.2019) DE

(71) Anmelder: **TRUMPF LASER- UND SYSTEMTECH-  
NIK GMBH** [DE/DE]; Johann-Maus-Strasse 2, 71254 Ditz-  
zingen (DE).

(72) Erfinder: **ZELLER, Thomas**; Eschenriedstrasse 21,  
71067 Sindelfingen (DE). **THIERFELDER, Silke**; Hirsch-  
lander Strasse 29, 71254 Ditzingen (DE). **TILLKORN,  
Christoph**; Robert-Bosch-Strasse 12, 78667 Villingendorf

(DE). **BECK, Torsten**; Reinsburgstrasse 86, 70178 Stutt-  
gart (DE). **HELLSTERN, Julian**; Hochmaingasse 24,  
78628 Rottweil (DE). **HEIMES, Andreas**; Magstadter  
Strasse 23, 71272 Renningen (DE). **LINGEL, Christian**;  
Wildeckstrasse 23, 70469 Stuttgart (DE). **MARSCHALL,  
Felix**; Albrecht-Duerer-Strasse 6, 70771 Leinfelden-Ech-  
terdingen (DE). **SPIEKER, Jakob**; Hermannstrasse 1,  
70178 Stuttgart (DE).

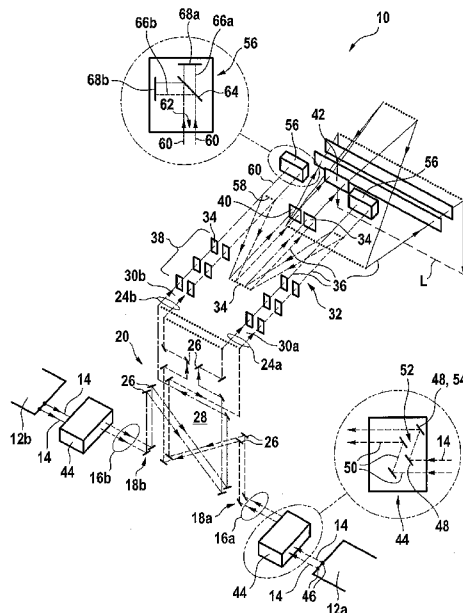
(74) Anwalt: **DREISS PATENTANWÄLTE PARTG MBB**;  
Friedrichstraße 6, 70174 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,  
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,  
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,  
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: LASER SYSTEM

(54) Bezeichnung: LASERSYSTEM

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a laser system (10) for generating a useful light distribution (L), comprising a laser light source (12a, 12b), an optical feed unit (20) which defines a pre-forming beam path (28) for the laser beam (14), and an optical beam-forming unit (32) which follows the pre-forming beam path (28) and defines a beam-forming beam path (36). An optical adjustment module (44) is provided through which at least one laser beam (14) passes prior to the pre-forming beam path (28). The optical adjustment module (44) has at least one adjustable optical device (52) for producing a variable optical effect on the laser beam (14). Additionally, an optical measuring module (56) is provided which is designed to measure the influence of the optical effect in the optical adjustment module (44) on the beam-forming beam path (36) and/or on the pre-forming beam path (28).

(57) Zusammenfassung: Lasersystem (10) zur Erzeugung einer Nutzlichtverteilung (L) mit einer Laserlichtquelle (12a, 12b), einer Einspeisungsoptik (20), welche für den Laserstrahl (14) einen Vorform-Strahlengang (28) definiert, und mit einer Strahlformoptik (32), welche auf den Vorform-Strahlengang (28) folgt und einen Strahlformungs-Strahlengang (36) definiert. Es ist ein Justieroptik-Modul (44) vorgesehen, welches der wenigstens eine Laserstrahl (14) vor dem Vorform-Strahlengang (28) durchläuft, wobei das Justieroptik-Modul (44) wenigstens eine verstellbare Optikeinrichtung (52) zur variierbaren optischen Einwirkung auf den Laserstrahl (14) aufweist. Außerdem ist ein Messoptik-Modul (56) vorgesehen, welches dazu eingerichtet ist, einen Einfluss der optischen Einwirkung in dem Justieroptik-Modul (44) auf den Strahlformungs-Strahlengang (36) und/oder auf den Vorform-Strahlengang (28) zu messen.

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

**Titel: Lasersystem**

20

### **Beschreibung**

Die Erfindung betrifft ein Lasersystem bzw. eine  
25 Lasereinrichtung zur Erzeugung einer Nutzlichtverteilung  
mit insbesondere linienförmigem Strahlquerschnitt.

Eine solche Nutzlichtverteilung wird z.B. durch einen  
Ausgangsstrahl bereitgestellt, welcher sich entlang einer  
30 Ausbreitungsrichtung ausbreitet und welche in einer  
Arbeitsebene einen linienartigen, entlang einer  
Linienrichtung ausgedehnten Strahlquerschnitt mit nicht  
verschwindender Intensität aufweist. Derartige  
Strahlprofile werden beispielsweise bei der Bearbeitung von  
35 Oberflächen von Halbleitern oder Gläsern eingesetzt, z.B.

bei der Herstellung von PFT-Displays, bei der Dotierung von Halbleitern, bei der Herstellung von Solarzellen oder bei der Herstellung und Bearbeitung ästhetisch ausgestalteter Glasoberflächen für Bauzwecke. Hierbei wird das

- 5 linienartige Strahlprofil beispielsweise senkrecht zur Ausdehnungsrichtung der Linie über die zu bearbeitende Oberfläche gescannt und löst dort die gewünschten Umwandlungsprozesse oder Verarbeitungsprozesse aus.
- 10 Zur Erzeugung der gewünschten, insbesondere linienförmigen Nutzlichtverteilung aus Laserlicht einer oder mehrerer Laserlichtquellen umfassen solche Lasersysteme in der Regel mehrere funktionale Einheiten. Üblicherweise ist im Strahlengang nach der Laserlichtquelle zunächst eine
- 15 Einspeisungsoptik vorgesehen, mittels welcher die Laserstrahlen zunächst vorgeformt werden, beispielsweise durch geeignete Aufweitung, anamorphotische Verformung des Strahlquerschnitts und/oder Anpassung von optischen Laufwegen. Die Einspeisungsoptik kann beispielsweise von
- 20 mehreren Laserlichtquellen gespeist werden und entsprechende optische Eingangskanäle bereitstellen. Im Strahlengang folgend ist dann eine Strahlformoptik vorgesehen, welche der Erzeugung der eigentlichen, linienförmigen Nutzlichtverteilung dient. Die
- 25 Strahlformoptik umfasst in der Regel eine Vielzahl von optischen Elementen, insbesondere eine Umformoptik und eine Homogenisierungsoptik, mittels welchen aus den Strahlprofilen der einzelnen Laserlichtquellen letztendlich die Nutzlichtverteilung mit insbesondere linienförmigem
- 30 Strahlquerschnitt erzeugt wird. Aufgrund der Vielzahl der

erforderlichen optischen Einwirkungen auf den Strahlengang sind die Lasersysteme komplex aufgebaut und erfordern eine präzise Justierung der einzelnen optisch funktionalen Einheiten aufeinander. Ein derartiges Lasersystem mit den  
5 Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 ist beispielsweise in der WO 2018/019374 A1 beschrieben.

Für die Lasersysteme ist regelmäßig ein kompakter Aufbau erwünscht, insbesondere wenn das Lasersystem als Teil einer  
10 größeren Produktions- oder Bearbeitungsanlage eingesetzt wird. Bei den eingangs genannten Einsatzgebieten ist teilweise ein Betrieb unter Reinraumbedingungen erforderlich. Aufgrund der dafür notwendigen Infrastruktur ist Bauraum unter Reinraumbedingungen besonders  
15 kostenintensiv. Ein kompakter Aufbau der genannten Lasersysteme ist in diesem Fall besonders vorteilhaft.

Der Gestaltungsspielraum beim Aufbau kompakter optischer Anordnungen für die Lasersysteme wird jedoch oftmals  
20 dadurch begrenzt, dass bei den Lasersystemen eine Vielzahl von Optikelementen und optischen Einrichtungen präzise in Bezug aufeinander justiert werden müssen. Ein zu komplexer Strahlengang macht eine Justierung beim Aufbau des Lasersystems am Zielort aufwändig. Oftmals ist es  
25 erforderlich, sämtliche Optikkomponenten einzeln neu zu kalibrieren. In der Praxis werden daher komplexe und gleichzeitig sehr kompakte Strahlengänge oftmals vermieden, um den Aufwand bei Aufbau und Wartung zu reduzieren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für die genannten Lasersysteme eine kompakte Bauform zu ermöglichen und gleichzeitig den Justierungsaufwand zu verringern.

- 5 Diese Aufgabe wird durch ein Lasersystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bei dem Lasersystem handelt es sich insgesamt um eine Einrichtung, welche insbesondere mehrere funktionale Vorrichtungen und/oder Elemente, wie Optiken oder Aktuatoren, umfasst. Insbesondere umfasst das
- 10 Lasersystem wenigstens eine Laserlichtquelle zur Abgabe wenigstens eines Laserstrahls sowie eine Einspeisungsoptik, welche für den wenigstens einen Laserstrahl einen Vorform-Strahlengang definiert, insbesondere einen Vorform-Strahlengang von wenigstens einem optischen Eingangskanal
- 15 der Einspeisungsoptik zu wenigstens einem optischen Ausgangskanal der Einspeisungsoptik definiert. Das Lasersystem umfasst außerdem eine Strahlformoptik, welche auf den Vorform-Strahlengang folgt und welche einen Strahlformungs-Strahlengang definiert, in welchem die
- 20 Formung der Nutzlichtverteilung aus dem Laserstrahl des wenigstens einen optischen Ausgangskanals erfolgt. Insofern ist die Strahlformoptik der Einspeisungsoptik im Strahlengang nachgeordnet und wirkt auf Laserstrahlen, die aus der Einspeisungsoptik, insbesondere aus deren
- 25 wenigstens einen optischen Ausgangskanal, austreten.

Das Lasersystem umfasst außerdem wenigstens ein Justieroptik-Modul, welches derart angeordnet ist, dass der von der Laserlichtquelle abgegebene Laserstrahl das

30 Justieroptik-Modul vor dem Vorform-Strahlengang durchläuft.

Das Justieroptik-Modul weist wenigstens eine verstellbare bzw. justierbare, insbesondere ansteuerbare, Optikeinrichtung auf, welche dazu ausgebildet ist, in variierbarer Art und Weise optisch auf den Laserstrahl einzuwirken. Außerdem ist wenigstens ein Messoptik-Modul vorgesehen, welches dazu eingerichtet ist und welches derart angeordnet ist, dass ein Einfluss der in dem Justieroptik-Modul erfolgten optischen Einwirkung auf den wenigstens einen Laserstrahl in dem Strahlformungs-Strahlengang und/oder in dem Vorform-Strahlengang gemessen werden kann. Insofern ist das Messoptikmodul dazu ausgelegt und derart angeordnet, dass eine Reaktion des Strahlenganges auf die mittels des Justieroptik-Moduls erzeugten Einwirkungen gemessen werden kann.

Durch Einwirkung mit dem Justieroptik-Modul auf den Laserstrahl kann somit der Strahlengang in den darauffolgenden Optiken beeinflusst werden und es kann die Antwort auf Beeinflussung mittels des Messoptik-Moduls detektiert werden. Beispielsweise kann die Einwirkung auf den Laserstrahl in dem Justieroptik-Modul derart erfolgen, dass der sich daran anschließende Strahlengang bestimmte gewünschte optische Eigenschaften aufweist. Wird beispielsweise beim Aufbau des Lasersystems an einem Aufbauort eine neue Laserlichtquelle in das Lasersystem eingebaut, so kann mit dem Messoptik-Modul festgestellt werden, ob der Strahlformungs-Strahlengang vorgegebene Referenzeigenschaften aufweist. Liegen diese Referenzeigenschaften nicht vor, so kann mit dem

Justieroptik-Modul der Strahlengang entsprechend beeinflusst werden.

- Insofern kann mittels des Justieroptik-Moduls die
- 5 Laserlichtquelle in das Lasersystem einjustiert werden, ohne dass hierzu die optischen Elemente des komplexen Strahlformungs-Strahlengangs und/oder des Vorform-Strahlengangs verändert werden müssen. Die Strahlformungsoptik und die Einspeisungsoptik können daher
- 10 bereits vor Aufbau des Lasersystems am Zielort vorkalibriert werden, beispielsweise bei ihrer Herstellung. Beim Aufbau des Lasersystems wird die Laserlichtquelle dann einfach mittels des Justieroptik-Moduls in das System eingeschliffen. Dadurch wird eine Justierung vereinfacht.
- 15 Auch ist es möglich, dass die komplexen optischen Einrichtungen bereits in jeweiligen Gehäusen fertig aufgebaut werden und beim Transport in dem Gehäuse verbleiben.
- 20 Das Justieroptik-Modul nimmt insbesondere die Funktion einer Schnittstelle zwischen der Laserlichtquelle und dem für die Erzeugung der Nutzlichtverteilung eigentlich wirksamen optischen Einheiten (Einspeisungsoptik, Strahlformoptik) ein. Insofern kann das Justieroptik-Modul
- 25 so ausgestaltet sein, dass es nicht zur eigentlichen Formung der Nutzlichtverteilung aus den Laserstrahlen beiträgt. Insbesondere werden also die Eigenschaften der Nutzlichtverteilung durch die Strahleigenschaften der Laserlichtquelle zum einen und im Wesentlichen nur durch

die Strahlformoptik und die Einspeisungsoptik andererseits definiert.

Das Justieroptik-Modul ist vorzugsweise unmittelbar nach  
5 einem optischen Ausgang der Laserlichtquelle, durch welchen der Laserstrahl abgegeben wird, und vor dem optischen Eingangskanal der Einspeisungsoptik angeordnet.

Vorzugsweise umfasst die Strahlformoptik ein  
10 Auskopplungselement, mittels welchem ein Messstrahl aus dem Strahlformungs-Strahlengang ausgekoppelt werden kann. Dabei ist insbesondere vorgesehen, dass das Messoptik-Modul derart angeordnet ist, dass der ausgekoppelte Messstrahl von dem Messoptik-Modul erfasst wird. Beispielsweise ist  
15 das Auskopplungselement ein Strahlteiler oder ein teildurchlässiger Spiegel, welcher aus einem einfallenden Strahl des Strahlformungs-Strahlengangs zwei Teilstrahlen mit unterschiedlichen Ausbreitungsrichtungen erzeugt. Der Messstrahl wird dabei insbesondere von einem der beiden  
20 Teilstrahlen bereitgestellt. Dies erfolgt insbesondere derart, dass ein Großteil der Leistung eines von dem Auskopplungselement geteilten Laserstrahls in den folgenden Strahlformungs-Strahlengang weitergeleitet wird (z.B. von dem teildurchlässigen Spiegel reflektiert wird) und nur ein  
25 geringer Teil der Leistung zu dem Messoptik-Modul als Messstrahl führt. Insbesondere erfolgt die Auskopplung z.B. derart, dass ein Großteil der Leistung eines erfassten Laserstrahls reflektiert wird und ein geringer Teil durchgelassen wird, wobei der Messstrahl der Strahlen in  
30 geringerer Leistung ist.

Um den komplexen Strahlformungs-Strahlengang zu definieren, weist die Strahlformungsoptik vorzugsweise eine Vielzahl von Optikelementen zur Strahlumlenkung und/oder

5 Strahlführung auf. Ebenso ist denkbar, dass die Einspeisungsoptik zur Definition des Vorform-Strahlengangs eine Vielzahl von Optikelementen zur Strahlumlenkung und/oder Strahlführung aufweist. Vorzugsweise ist das Messoptik-Modul dabei derart angeordnet, dass wenigstens

10 eines dieser Optikelemente, vorzugsweise mehrere der Optikelemente, von dem Laserstrahl im Strahlengang vor dem Messoptik-Modul durchlaufen werden. Insofern werden entlang eines Strahlwegs des Laserstrahles ausgehend von der Laserlichtquelle, nach Durchlaufen des Justieroptik-Moduls

15 und der darauf folgenden Einspeisungsoptik, zumindest wenigstens eines der genannten Optikelemente, vorzugsweise mehrere Optikelemente, durchlaufen, bevor der jeweilige Laserstrahl auf das Messoptik-Modul trifft. Dies ermöglicht es, dass die Messung der Antwort auf die Variation in dem

20 Justieroptik-Modul auch optische Eigenschaften der Optikelemente im Strahlengang der Strahlformungsoptik berücksichtigt.

Es kann ein Referenz-Strahlengang in der Strahlformoptik

25 festgelegt werden und dieser Zielzustand kann durch Variation des Justieroptik-Moduls herbeigeführt werden. Insbesondere das Auskopplungselement im Strahlengang zwischen zwei Optikelementen der Strahlformungsoptik angeordnet.

Die verstellbare Optikeinrichtung kann in vorteilhafter Weise durch ein konfigurationsveränderbares Optikelement realisiert werden, welches dazu eingerichtet ist, auf Eigenschaften des Laserstrahls (z.B. Ausbreitungsrichtung, Intensität oder Ähnliches) einzuwirken. Insbesondere ist das konfigurationsveränderbare Optikelement ein Strahlauslenkungselement, beispielsweise Auslenkspiegel. Zur Konfigurationsveränderung des Optikelements ist vorzugsweise ein steuerbarer Aktuator vorgesehen, der beispielsweise mechanisch oder elektrisch auf das Optikelement einwirkt.

Insbesondere weist das Justieroptik-Modul zur Definition eines Justieroptik-Strahlengangs eine Mehrzahl von Optikelementen auf, welche auch das oben genannte konfigurationsveränderbare Optikelement umfassen. Ein vorteilhafter Aspekt ergibt sich dadurch, dass entlang des Justieroptik-Strahlengangs zwei konfigurationsveränderbare Optikelemente mit jeweils zugeordneten Aktuatoren seriell angeordnet sind. Die zwei Optikelemente sind vorzugsweise zur Auslenkung des Laserstrahls in zwei zueinander senkrechte Auslenkungsrichtungen ausgebildet, wobei die Auslenkungsrichtungen vorzugsweise auch senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls sind. Beispielsweise sind zwei nacheinander im Strahlengang angeordnete Spiegel vorgesehen, die Spiegel jeweils um zwei Achsen verkipppbar sind, wobei die Achsen vorzugsweise senkrecht zueinander sind. Denkbar ist z.B. eine Konfiguration in der Art eines Galvo-Scanners.

Zur weiteren Ausgestaltung kann in dem Justieroptik-Strahlengang ein Strahlabschwächer angeordnet sein. Der Strahlabschwächer ist insbesondere derart ausgebildet, dass er zwei Konfigurationen einnehmen kann. Der

5 Strahlabschwächer kann grundsätzlich auch als variierbarer, insbesondere kontinuierlich variierbarer, Strahlabschwächer ausgebildet sein. Dadurch sind Intensitätsanpassungen des Laserstrahls möglich.

10 Das Messoptik-Modul ist insbesondere nicht nur dazu eingerichtet, eine Einwirkung um Sinne einer Veränderung des Strahlengangs aufgrund der Einwirkung in dem Justieroptik-Modul zu messen. Vielmehr ist das Messoptik-Modul vorzugsweise auch dazu ausgebildet, eine absolute

15 Eigenschaft des Strahlformungs-Strahlengangs zu messen, vorzugsweise die Position eines Leuchtflecks des erfassten Laserstrahls auf einem optischen Sensor. Das Messoptik-Modul umfasst vorzugsweise den optischen Sensor, insbesondere in der Art einer CCD-Kamera, auf welchen der

20 Laserstrahl auftrifft. Dabei ist der optische Sensor vorzugsweise derart eingerichtet, dass ein Ort des Auftreffens (z.B. durch einen Leuchtfleck des Messstrahls auf der Sensoroberfläche) in einem Referenz-Koordinatensystem des optischen Sensors messbar ist. Dies

25 ermöglicht es, den Verlauf der Laserstrahlen in dem erfassten Abschnitt des Strahlformungs-Strahlengangs und die jeweilige Strahlrichtung des Laserstrahls zu ermitteln. Durch geeignete Veränderungen in dem Justieroptik-Modul kann dann ein gewünschter Strahlverlauf eingestellt werden.

Um eine präzise Messung zu ermöglichen, ist das Messoptik-Modul vorzugsweise ortsfest angeordnet und insbesondere an einer Referenzposition mit einer Referenzausrichtung in der Strahlformungsoptik positioniert.

5

Das Messoptik-Modul ist insbesondere in der Art einer eigenständigen Baueinheit ausgebildet. Vorzugsweise weist das Messoptik-Modul einen Strahlzugang für einen Messstrahl sowie eine Strahlteilungseinrichtung auf, wobei die

10 Strahlteilungseinrichtung dazu ausgebildet ist, den erfassten Messstrahl auf wenigstens zwei Mess-Strahlengänge zu je einem zugeordneten optischen Sensor aufzuteilen. Vorzugsweise ist das Messoptik-Modul derart ausgebildet, dass die wenigstens zwei Mess-Strahlengänge

15 unterschiedliche optische Weglängen aufweisen. So kann beispielsweise ein Mess-Strahlengang dazu eingerichtet sein, optische Eigenschaften des Fernfeldes zu messen, und der andere Mess-Strahlengang kann dazu eingerichtet sein, Eigenschaften des optischen Nahfelds zu messen.

20

Da für die Einjustierung des Laserstrahls die optischen Einheiten der Strahlformungsoptik und der Einspeisungsoptik nicht manipuliert werden müssen, kann für die Strahlformungsoptik und/oder die Einspeisungsoptik ein

25 vergleichsweise komplexer Strahlverlauf vorgesehen sein. Wie erläutert, wird bei anderen Lösungen oftmals versucht, eine zu große Komplexität der Strahlengänge zu vermeiden, um den Justieraufwand gering zu halten. Die vorliegend beschriebenen Ausgestaltungen unterstützen insofern in

30 besonderer Weise eine Ausgestaltung mit kompakten und ggf.

auch gefalteten Strahlverläufen. Insofern ist insbesondere die Einspeisungsoptik und/oder die Strahlformoptik derart ausgebildet, dass der Vorform-Strahlengang und/oder der Strahlformungs-Strahlengang mehrere Richtungsänderungen aufweist und insbesondere mehrfach gefaltet verläuft. Beispielsweise verläuft der jeweilige Strahlengang in der Art einer Z-Faltung (ähnlich der Form des Buchstabens Z). Dadurch kann ein vergleichsweise langer optischer Weg auf kompaktem Bauraum untergebracht werden. Dies ist insbesondere vorteilhaft, da beispielsweise in den Strahlgängen Teleskope oder sonstige Strahlformoptiken mit geringer Brechungsstärke und/oder großen Brennweiten eingesetzt werden können, welche vergleichsweise geringe optische Fehler und Aberrationen aufweisen. Durch einen gefalteten Strahlverlauf kann ein besonders kompaktes Lasersystem bereitgestellt werden. Bei dem vorliegenden Lasersystem kann die komplexe Strahlformoptik und/oder Einspeisungsoptik bereits bei ihrer Herstellung vorjustiert werden. Somit wird ein kompaktes Lasersystem bereitgestellt, welches einen verringerten Justageaufwand erzielt.

Zur weiteren Ausgestaltung kann insbesondere der Strahlformungs-Strahlengang in mehreren Ebenen verlaufen und in mehreren Ebenen jeweils einen gefalteten Strahlverlauf aufweisen.

Die Strahlformoptik und/oder die Einspeisungsoptik sind vorzugsweise jeweils vormontierte, modulare Baueinheiten. Zur weiteren Ausgestaltung ist ein Gehäuse vorgesehen,

welches zumindest die Strahlformoptik oder die Strahlformoptik mitsamt der Einspeisungsoptik einfasst. Das Justieroptik-Modul ist insbesondere als abgeschlossene Baueinheit und insbesondere separat von dem Gehäuse  
5 ausgebildet. Vorzugsweise ist das Justieroptik-Modul außerhalb des Gehäuses angeordnet. Denkbar ist jedoch auch, das Justieroptik-Modul innerhalb der Einspeisungsoptik anzuordnen, z.B. um einen kompakteren Aufbau zu erzielen.

10 Das Justieroptik-Modul weist vorzugsweise ebenfalls ein eigenes Modul-Gehäuse auf. Insofern können die verschiedenen modularen Baueinheiten separat von den Laserlichtquellen an den Aufbauort verbracht werden. Zur Justierung des Gesamtsystems muss dann lediglich ein  
15 Justieroptik-Modul zwischen Laserlichtquelle und Einspeisungsoptik geschaltet werden und der Strahlengang in der Strahlformungsoptik und/oder der Einspeisungsoptik durch entsprechende Einstellung des Justieroptik-Moduls in die gewünschte Form gebracht werden.

20

Auch das Messoptik-Modul ist vorzugsweise von dem Gehäuse eingefasst, welches zumindest auch die Strahlformoptik enthält. Vorzugsweise weist auch das Messoptik-Modul ein separates Modul-Gehäuse auf. Dies ermöglicht einen  
25 einfachen Einbau in das vorkalibrierte System. Insbesondere weist das Gehäuse eine definierte Schnittstelle mit Positionierungsmitteln zur Zusammenwirkung mit entsprechenden Positionierungsmitteln an dem Modul-Gehäuse des Messoptik-Moduls auf, so dass eine exakte

Referenzposition und Ausrichtung des Messoptik-Moduls vorgegeben werden kann.

Da eine Justierung der innenliegenden Bauteile beim Aufbau am Zielort nicht zwingend erforderlich ist, kann das Gehäuse für die Strahlformoptik oder die Strahlformoptik und die Einspeisungsoptik monolithisch aufgebaut sein. Insbesondere umfasst das Gehäuse einen Kasten und eine im Kasten innenliegende Trägerplatte, die mit dem Kasten vorzugsweise einstückig verbunden ist. In Zusammenwirkung mit der vorstehend beschriebenen Ausgestaltung kann dadurch ein stabiler Aufbau für die vorjustierten Einheiten erreicht werden.

Grundsätzlich ist vorteilhaft, wenn mehrere Laserlichtquellen zur Abgabe jeweils wenigstens eines Laserstrahls vorgesehen sind und die Einspeisungsoptik entsprechend mehrere optische Eingangskanäle für den Vorformstrahlengang aufweist. Außerdem weist die Einspeisungsoptik vorzugsweise eine entsprechende Anzahl optischer Ausgangskanäle auf, welche den Übergang zu dem Strahlformungs-Strahlengang bereitstellen. Für jede Laserlichtquelle ist dann vorzugsweise je ein separates Justieroptik-Modul vorgesehen, welches zwischen der jeweiligen Laserlichtquelle und dem dieser Laserlichtquelle zugeordneten Eingangskanal angeordnet ist. Insofern gibt es vorzugsweise für jede Laserlichtquelle ein eigenes Justieroptik-Modul, d.h. die Anzahl von Laserlichtquellen und Justieroptik-Modulen sind gleich.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung kann darin bestehen, dass für jeden optischen Eingangskanal ein separates Messoptik-Modul vorgesehen ist. Denkbar ist auch, dass für jede einzelne Laserlichtquelle ein separates Messoptik-Modul  
5 vorgesehen ist. Die Laserstrahlen der verschiedenen Laserlichtquellen können grundsätzlich in der Einspeisungsoptik umsortiert werden, so dass ein Messoptik-Modul Laserstrahlen aus einem oder mehreren Eingangskanälen erfasst.

10

Es ist aber auch denkbar, dass die Laserstrahlen der Eingangskanäle in der Einspeisungsoptik getrennt und/oder in Gruppen zusammengefasst geführt werden und erst in der Strahlformoptik, beispielsweise im Strahlengang nach dem  
15 Messoptik-Modul, zu der Nutzlichtverteilung vereinigt oder zusammengeführt werden.

Es kann auch vorteilhaft sein, wenn ein Messoptik-Modul mehreren Justieroptik-Modulen gleichzeitig zugeordnet ist.

20

Insbesondere kann ein Messoptik-Modul einen Einfluss der optischen Einwirkung in jedem der zugeordneten Justieroptik-Module messen. Zur Kalibrierung des Systems können beispielsweise die Laserlichtquellen nacheinander mittels des jeweiligen Justieroptik-Moduls in den  
25 Strahlengang einjustiert werden.

Vorzugsweise sind die Justieroptik-Module, die Einspeisungsoptik und die Strahlformungsoptik derart ausgebildet, dass jeder Laserstrahl der verschiedenen  
30 Laserlichtquellen im Strahlengang vor dem Messoptik-Modul

ohne Durchmischung mit Laserstrahlen anderer  
Laserlichtquellen verläuft. Die verschiedenen  
Laserlichtquellen können somit unabhängig voneinander  
einjustiert werden, auch wenn nicht für jede  
5 Laserlichtquelle ein eigenes Messoptik-Modul vorhanden ist.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher  
erläutert.

10 Es zeigen:

Figur 1 skizzierte Darstellung zur Erläuterung des  
Strahlengangs und der funktionalen Komponenten  
eines erfindungsgemäßen Lasersystems;

15

Figur 2 perspektivische Ansicht auf ein erfindungsgemäßes  
Lasersystem mit kompakter Bauform; und

Figur 3 Darstellung einer Ausgestaltung des Justieroptik-  
20 Moduls.

In der nachfolgenden Beschreibung sowie in den Figuren sind  
für identische oder einander entsprechende Merkmale jeweils  
dieselben Bezugszeichen verwendet.

25

In den Figuren 1 und 2 ist ein Lasersystem bzw. eine  
Lasereinrichtung dargestellt, die insgesamt mit dem  
Bezugszeichen 10 bezeichnet ist. Das Lasersystem 10 umfasst  
im dargestellten Beispiel zwei Laserlichtquellen 12a, 12b,  
30 die vorzugsweise jeweils als abgeschlossene Baueinheit in

der Art eines Moduls ausgebildet sind. Im dargestellten Beispiel ist jede der Laserlichtquellen 12a, 12b derart ausgebildet, dass parallel zwei separate Laserstrahlen 14 abgegeben werden. Dies ist als optionale Ausgestaltung anzusehen.

Die Laserstrahlen einer jeden Laserlichtquelle 12a, 12b bilden im dargestellten Beispiel jeweils eine Eingangsstrahlgruppe 16a bzw. 16b. Die Eingangsstrahlgruppen 16a, 16b werden jeweils durch einen optischen Eingangskanal 18a bzw. 18b in eine Einspeisungsoptik 20 eingestrahlt. Insofern weist die Einspeisungsoptik 20 für jeden optischen Eingangskanal 18a bzw. 18b einen zugeordneten Strahlzugang 22a bzw. 22b auf.

Die Einspeisungsoptik 20 ist dazu ausgebildet, die Laserstrahlen 14 von den optischen Eingangskanälen 18a, 18b zu optischen Ausgangskanälen 24a, 24b zu leiten. Hierzu weist die Einspeisungsoptik 20 eine Mehrzahl von Optikelementen zur Strahlumlenkung und/oder Strahlführung 26 auf (z.B. Linsenmittel, Reflektoren, Umlenkspiegel, Prismen o.ä.), mittels welchen ein Vorform-Strahlengang 28 in der Einspeisungsoptik 20 vorgegeben ist. Im dargestellten Beispiel ist der Vorform-Strahlengang 28 mehrfach gefaltet, so dass auf kompaktem Bauraum ein vergleichsweise langer optischer Weg zurückgelegt werden kann und so genügend Platz für nicht näher dargestellte optische Elemente zur Formung der Strahleigenschaften bereitgestellt ist (beispielsweise Teleskope).

In den optischen Ausgangskanälen 24a, 24b werden jeweils Ausgangsstrahlgruppen 30a, 30b von Laserstrahlen 14 bereitgestellt, die dann von einer im Strahlengang nachfolgenden Strahlformoptik 32 erfasst und in die  
5 gewünschte Nutzlichtverteilung L umgeformt werden, welche im dargestellten Beispiel einen linienförmigen Strahlquerschnitt aufweist.

Die Strahlformoptik 32 umfasst mehrere optisch funktionale  
10 Einrichtungen und insbesondere eine Mehrzahl von Optikelementen 34 zur Strahlumlenkung und/oder Strahlführung. Diese tragen dazu bei, einen Strahlformungs-Strahlengangs 36 in der Strahlformoptik 32 zu definieren und aus den Laserstrahlen 14 der Ausgangsstrahlgruppen 30a,  
15 30b die linienförmige Nutzlichtverteilung L zu formen.

Beispielsweise können die Laserstrahlen der Ausgangsstrahlgruppen 30a bzw. 30b oder Untergruppen hiervon zunächst ein oder mehrere Teleskope 38 durchlaufen,  
20 die insbesondere als anamorphotische Teleskope ausgebildet sind und den Strahlquerschnitt in geeigneter Weise formen. Dem Strahlengang folgend werden die Laserstrahlen 14 dann im dargestellten Beispiel durch eine Umformoptik 40 geleitet, welche aus den Laserstrahlen 14 der  
25 Ausgangsstrahlgruppen 30a, 30b ein oder mehr Strahlpakete mit länglich ausgedehntem Strahlquerschnitt formen. Die so vorgeformten Strahlpakete werden dann z.B. mit einer Homogenisierungsoptik 42 durchmischt und gegebenenfalls im Intensitätsverlauf geglättet, so dass die gewünschte  
30 Nutzlichtverteilung L bereitgestellt werden kann.

Der Vorform-Strahlengang 28 ist im dargestellten Beispiel mehrfach gefaltet, so dass auf kompaktem Bauraum ein vergleichsweise langer optischer Weg zurückgelegt werden kann und so genügend Platz für nicht näher dargestellte optische Elemente zur Formung der Strahleigenschaften bereitgestellt ist. Auch der Strahlform-Strahlengang 36 ist vorzugsweise mehrfach gefaltet.

Die Einspeisungsoptik 20 kann derart ausgebildet sein, dass die Laserstrahlen 14 einer Eingangsstrahlgruppe 16a, 16b zunächst separat voneinander verlaufen und auch separat von den Laserstrahlen der jeweils anderen Eingangsstrahlgruppe verlaufen (vgl. Figur 1). Die Einspeisungsoptik 20 ist im dargestellten Beispiel derart ausgebildet, dass die Laserstrahlen der verschiedenen Eingangsstrahlgruppen 16a, 16b im Vorform-Strahlengang 28 umsortiert werden und dann jede Ausgangsstrahlgruppe 30a, 30b jeweils wenigstens einen Laserstrahl 14 aus jeder der Eingangsstrahlgruppen 16a, 16b umfasst. Solche Ausgestaltungen können vorteilhaft sein, sind im vorliegenden Beispiel aber optional. Es ist insbesondere vorgesehen, dass sich die verschiedenen Laserstrahlen bei der Umsortierung nicht durchmischen.

Das Lasersystem 10 umfasst außerdem ein Justieroptik-Modul 44, welches der Laserstrahl 14 vor Eintritt in den Vorform-Strahlengang 28 durchläuft. Im dargestellten Beispiel ist jeder Laserlichtquelle 12a, 12b und jedem optischen Eingangskanal 18a, 18b gerade ein Justieroptik-Modul 44 zugeordnet. Das Justieroptik-Modul 44 ist insofern zwischen

einem optischen Ausgang 46 der jeweiligen Laserlichtquelle 12a, 12b und dem jeweiligen Strahlzugang 22a, 22b der Einspeisungsoptik geschaltet.

5 Das Justieroptik-Modul 44 ist als modulare Baueinheit ausgebildet. Wie in der Detailansicht in Figur 1 erkennbar, umfasst das Justieroptik-Modul mehrere Optikelemente 48, mittels welchen ein Justieroptik-Strahlengang 50 in dem Justieroptik-Modul 44 definiert ist. Das Justieroptik-Modul  
10 44 umfasst eine verstellbare Optikeinrichtung 52, mittels welchen auf dem Laserstrahl 14 eingewirkt werden kann, insbesondere derart, dass der Laserstrahl 14 kontrolliert ausgelenkt werden kann. Hierzu umfasst die verstellbare Optikeinrichtung 42 wenigstens ein  
15 konfigurationsveränderbares Optikelement 54 sowie einen zugeordneten verstellbaren Aktuator (nicht im Detail dargestellt). Vorzugsweise kann es sich bei dem konfigurationsveränderbaren Optikelement 54 um einen Kippspiegel handeln, welcher mit dem zugeordneten Aktuator  
20 eingestellt werden kann. Im dargestellten Beispiel umfasst der Justieroptik-Strahlengang 50 zwei seriell wirkende, konfigurationsveränderbare Optikelemente 54, die vorzugsweise jeweils eine Auslenkung des Laserstrahles 14 bezüglich zweier senkrechter Richtungen (und senkrecht zur  
25 Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls) erzielen können. Dadurch können Strahlrichtung und Strahlort eingestellt werden.

Das Lasersystem 10 umfasst außerdem wenigstens ein  
30 Messoptik-Modul 56, mittels welchem ein Einfluss der

optischen Einwirkung in dem Justieroptik-Modul gemessen werden kann. Im dargestellten Beispiel sind zwei Messoptik-Module 56 vorgesehen, wobei je ein Messoptik-Modul 56 mit jeweils nur einer Ausgangsstrahlgruppe 30a, 30b  
5 zusammenwirkt.

Im dargestellten Beispiel ist das Messoptik-Modul 56 derart angeordnet, dass die Auswirkung der Variation im Justieroptik-Modul auch auf dem Strahlformungs-Strahlengang  
10 36 gemessen werden kann. Hierzu weist die Strahlform-Optik 32 ein Auskopplungselement 58 zur optischen Auskopplung eines Messstrahls 60 aus dem Strahlformungs-Strahlengang 36 auf. Das Auskopplungselement 58 ist beispielsweise als teildurchlässiger Reflektor ausgebildet, welcher den  
15 Großteil der auftreffenden Strahlung in dem Strahlformungs-Strahlengang 36 belässt und nur einen kleinen Teil als Messstrahl 60 durchlässt. Das Messoptik-Modul 56 ist derart angeordnet, dass es den Messstrahl 60 erfasst.

20 Das Messoptik-Modul 56 wird anhand der in Figur 1 eingeblendeten Detailansicht näher erläutert. Insbesondere weist das Messoptik-Modul 56 einen Strahlzugang 62 auf, durch welchen der Messstrahl 60 eintritt. Der Messstrahl 60 trifft auf einen Strahlteiler 64, welcher den Messstrahl 60  
25 auf beispielsweise zwei Messstrahlgänge 66a, 66b aufteilt. Die Messstrahlgänge 66a, 66b führen jeweils zu einem zugeordneten optischen Sensor 68a, 68b, beispielsweise in der Art eines CCD-Chips. Insbesondere sind die optischen Sensoren 66a, 66b derart ausgebildet, dass ein Ort des  
30 Auftreffens auf dem Sensor ermittelt werden kann.

Da das Messoptik-Modul 56 an einer definierten Position bezüglich des Strahlformungs-Strahlengangs 36 angeordnet ist, kann so der dreidimensionale Verlauf des Messstrahls 5 60 und damit auch der dreidimensionale Verlauf des erfassten Abschnitts des Strahlformungs-Strahlengangs 36 ermittelt werden.

Die gezeigte Ausgestaltung mit zwei optischen Sensoren 10 ermöglicht es, beispielsweise Messstrahlengänge 66a, 66b mit unterschiedlichen optischen Weglängen vorzusehen und beispielsweise mit den verschiedenen Sensoren 68a, 68b Nahfeld und Fernfeld des erfassten Laserstrahles zu vermessen. Denkbar sind jedoch auch Ausgestaltungen mit nur 15 einem Messstrahlengang und nur einem optischen Sensor, oder auch mit einer größeren Anzahl von Sensoren und komplexeren Strahlengängen.

Die Figur 3 zeigt eine beispielhafte Ausgestaltung für das 20 Justieroptik-Modul 44, wobei die funktionalen Elemente mit den vorstehend definierten Bezugszeichen versehen sind.

Insbesondere weist das Justieroptik-Modul 44 ein eigenes Modulgehäuse 70 auf, in welchem die Bauelemente des 25 Justieroptik-Moduls 44 eingefasst sind. Beispielsweise umfasst das Justieroptik-Modul 44 einen oder mehrere Strahlzugänge 72 zur Verbindung mit dem optischen Ausgang der Laserlichtquelle. Durch Strahlausgänge 74 treten die erfassten Laserstrahlen 14 aus, um in den Vorform- 30 Strahlengang 28 überzugehen (vgl. Figur 1). Im

dargestellten Beispiel umfasst das Justieroptik-Modul im Strahlengang nach den konfigurationsveränderbaren Optikelementen 54 außerdem einen Strahlabschwächer 76, um die erfassten Laserstrahlen in ihrer Intensität anzupassen.

5

Wie in Figur 2 erkennbar, kann das Lasersystem 10 insgesamt modular aufgebaut sein, wobei die einzelnen Baueinheiten vorzugsweise in separate Gehäuse eingefasst sind. So weist beispielsweise die Strahlformoptik 32 ein Gehäuse 78 auf, welches den gesamten Strahlformungs-Strahlengang 36 enthält. Das Messoptik-Modul 56 ist vorzugsweise ebenfalls in dem Gehäuse 78 eingefasst. Im dargestellten Beispiel ist die Einspeisungsoptik 20 als separates Modul ausgebildet und weist ein eigenes Gehäuse 80 auf, in welchem der Vorform-Strahlengang 28 enthalten ist. Es ist jedoch auch denkbar, dass die Strahlformoptik 32 und die Einspeisungsoptik 20 in einem gemeinsamen Gehäuse eingefasst sind. Das Gehäuse 78 und/oder das Gehäuse 80 ist vorzugsweise monolithisch aufgebaut, was eine hohe Stabilität ermöglicht.

20

Zum Aufbau des Lasersystems 10 kann das Justieroptik-Modul 44 mit seinem Modulgehäuse 70 derart an dem Gehäuse 80 angeordnet werden, dass der wenigstens eine Strahlausgang 74 mit dem Strahlzugang 22a bzw. 22b der Einspeisungsoptik 20 korrespondiert. Der jeweilige Strahlzugang 72 kann mit der zugeordneten Laserlichtquelle 12a, 12b verbunden werden, die vorzugsweise ebenfalls in ein eigenes Gehäuse eingefasst ist.

30

**Patentansprüche**

1. Lasersystem (10) zur Erzeugung einer  
5 Nutzlichtverteilung (L) mit insbesondere  
linienförmigen Strahlquerschnitt,  
umfassend:  
- wenigstens eine Laserlichtquelle (12a, 12b) zur  
Abgabe wenigstens eines Laserstrahls (14);  
10 - eine Einspeisungsoptik (20), welche für den  
Laserstrahl (14) einen Vorform-Strahlengang (28)  
definiert,  
- eine Strahlformoptik (32), welche auf den Vorform-  
Strahlengang (28) folgt und einen Strahlformungs-  
15 Strahlengang (36) zur Formung der Nutzlichtverteilung  
(L) definiert,  
**gekennzeichnet, durch**  
- wenigstens ein Justieroptik-Modul (44), welches der  
wenigstens eine Laserstrahl (14) vor dem Vorform-  
20 Strahlengang (28) durchläuft, wobei das Justieroptik-  
Modul (44) wenigstens eine verstellbare  
Optikeinrichtung (52) zur variierbaren optischen  
Einwirkung auf den Laserstrahl (14) aufweist,  
- und wenigstens ein Messoptik-Modul (56), welches  
25 dazu eingerichtet ist, einen Einfluss der optischen  
Einwirkung in dem Justieroptik-Modul (44) auf den  
Strahlformungs-Strahlengang (36) und/oder auf den  
Vorform-Strahlengang (28) zu messen.

2. Lasersystem (10) nach Anspruch 1, wobei die Strahlformoptik (32) ein Auskopplungselement (58) zur optischen Auskopplung eines Messstrahls (60) aus dem Strahlformungs-Strahlengang (36) aufweist, und wobei  
5 das Messoptik-Modul (56) derart angeordnet ist, dass es den ausgekoppelten Messstrahl (60) erfasst.
3. Lasersystem (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Strahlformoptik (32) zur Definition des Strahlformungs-Strahlengangs (36) eine Vielzahl von  
10 Optikelementen (34) zur Strahlumlenkung und/oder Strahlführung aufweist und/oder wobei die Einspeisungsoptik (20) zur Definition des Vorform-Strahlengangs (28) eine Vielzahl von Optikelementen (26) zur Strahlumlenkung und/oder Strahlführung  
15 ausweist, und wobei das Messoptik-Modul (56) derart angeordnet ist, dass wenigstens eines dieser Optikelemente (34) und/oder Optikelemente (26), vorzugsweise mehrere der Optikelemente (34) und/oder Optikelemente (26), von dem Laserstrahl (14) im  
20 Strahlengang vor dem Messoptik-Modul (56) durchlaufen werden.
4. Lasersystem (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die verstellbare Optikeinrichtung (52) wenigstens ein konfigurationsveränderbares  
25 Optikelement (54) zur Einwirkung auf den Laserstrahl (14) aufweist, insbesondere ein Strahlauslenkungselement, und wobei die verstellbare Optikeinrichtung (52) wenigstens einen steuerbaren

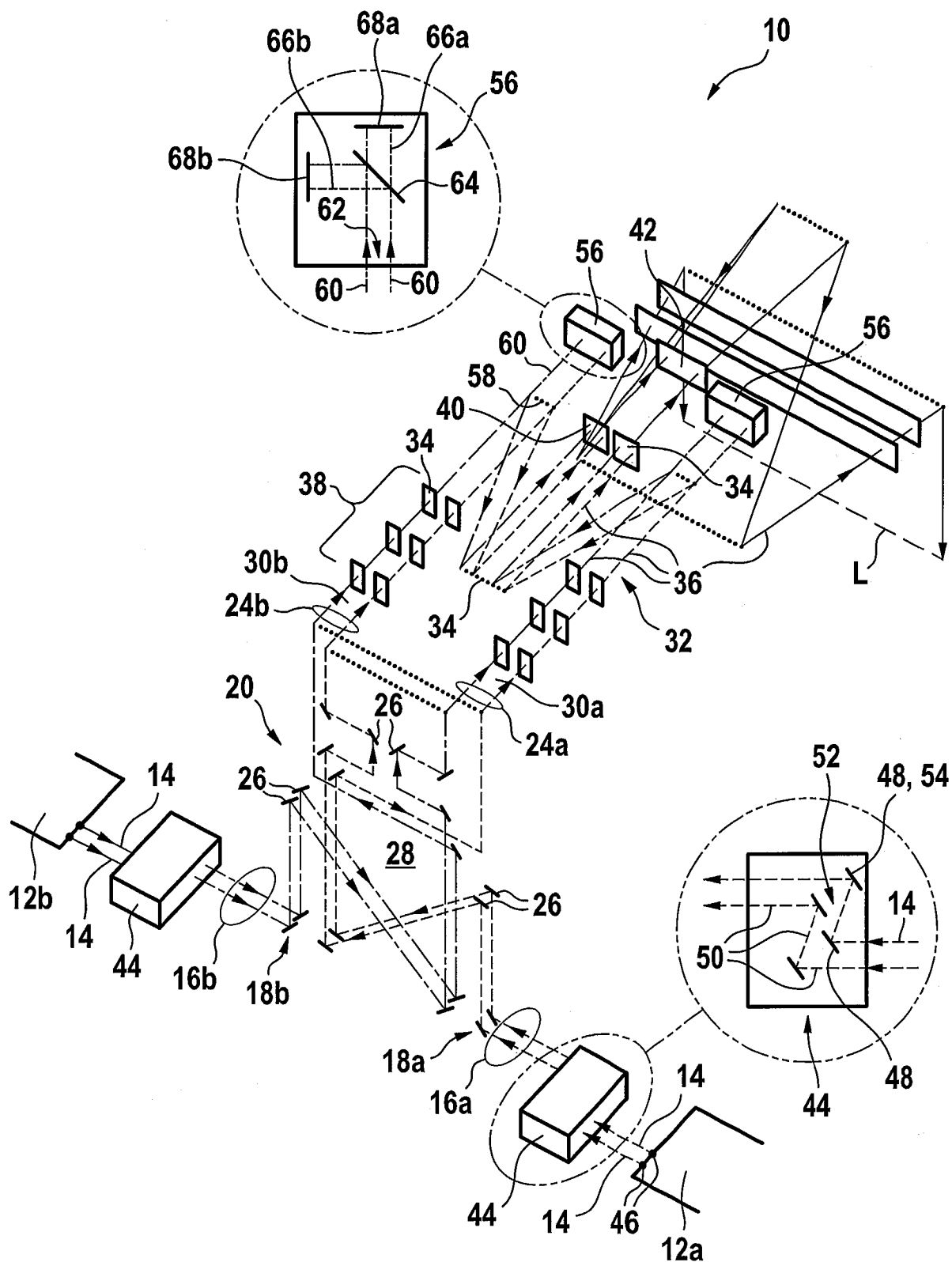
Aktuator zur Veränderung der Konfiguration des Optikelements (54) aufweist.

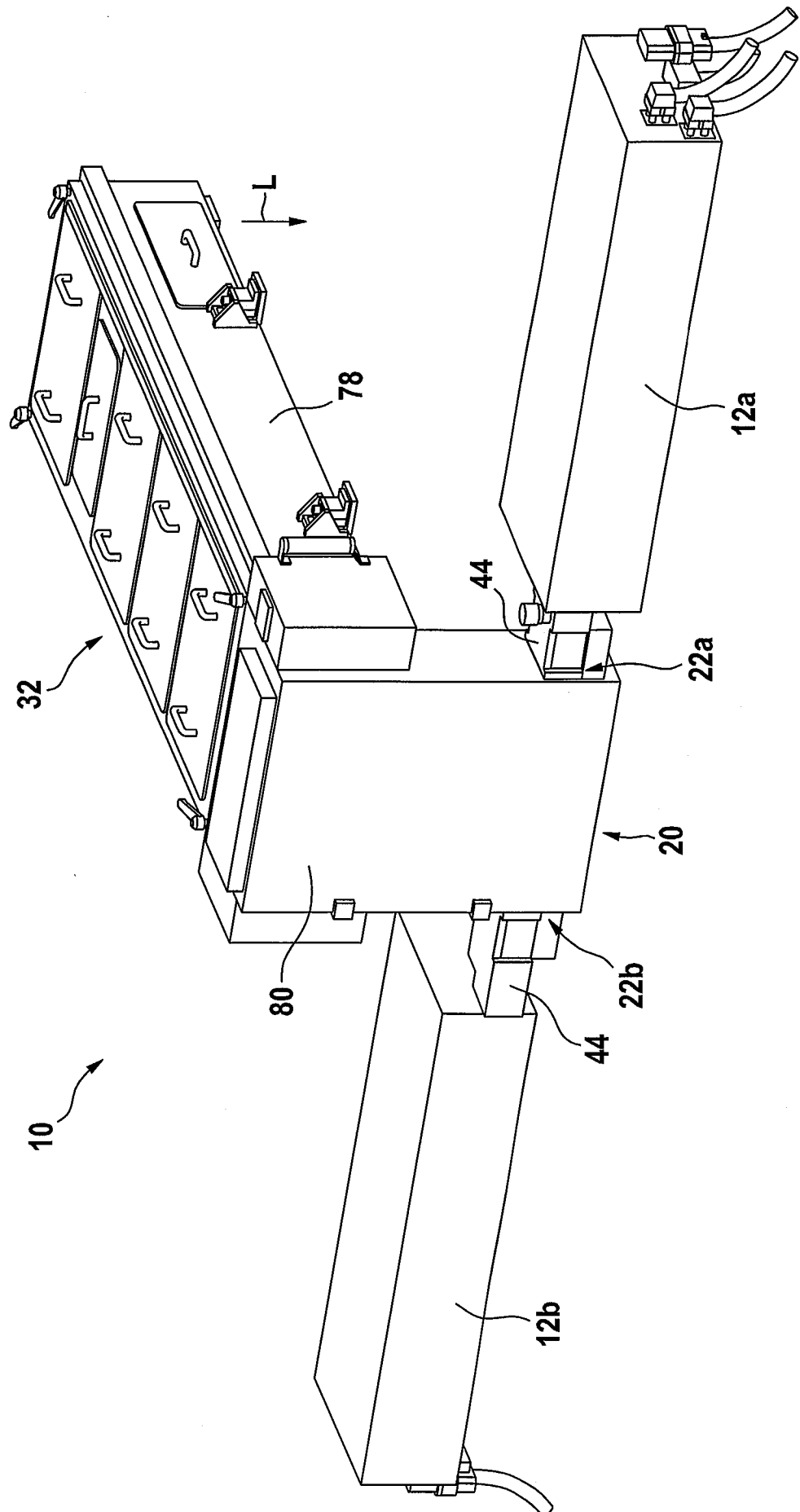
5. Lasersystem (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Messoptik-Modul (56) wenigstens einen  
5 optischen Sensor (68a, 68b), insbesondere CCD-Kamera-Chip, aufweist, auf welchen der Laserstrahl (14) auftrifft, wobei der optische Sensor (68a, 68b) derart eingerichtet ist, dass ein Ort des Auftreffens auf dem optischen Sensor in einem Referenz-  
10 Koordinatensystem des optischen Sensors (68a, 68b) messbar ist.
6. Lasersystem (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Messoptik-Modul (56) einen Strahlzugang (62) für wenigstens einen Messstrahl (60) und eine  
15 Strahlteilungseinrichtung (64) aufweist, wobei die Strahlteilungseinrichtung (64) dazu ausgebildet ist, den Messstrahl (60) auf wenigstens zwei Mess-Strahlengänge (66a, 66b) zu je einem zugeordneten optischen Sensor (68a, 68b) aufzuteilen, wobei die  
20 wenigstens zwei Mess-Strahlengänge (66a, 66b) unterschiedliche optische Weglängen aufweisen.
7. Lasersystem (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Einspeisungsoptik (20) und/oder die Strahlformoptik (32) derart ausgebildet sind, dass  
25 der Vorform-Strahlengang (28) und/oder der Strahlformungs-Strahlengang (36) mehrere Richtungsänderungen aufweist, und insbesondere mehrfach gefaltet verläuft.

8. Lasersystem (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei ein Gehäuse (78) vorgesehen ist, welches die Strahlformoptik (32) oder die Strahlformoptik (32) und die Einspeisungsoptik (20) einfasst, wobei das Justieroptik-Modul (44) separat von dem Gehäuse (78) ausgebildet ist und vorzugsweise außerhalb des Gehäuses (78) angeordnet ist.
9. Lasersystem (10) nach Anspruch 8, wobei das Messoptik-Modul (56) ebenfalls von dem Gehäuse (78) eingefasst ist.
10. Lasersystem (10) nach Anspruch 8 oder 9, wobei das Gehäuse (78) monolithisch aufgebaut ist.
11. Lasersystem (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei mehrere Laserlichtquellen (12a, 12b) vorgesehen sind, und wobei die Einspeisungsoptik (20) mehrere optische Eingangskanäle (18a, 18b) zu dem Vorform-Strahlengang (28) aufweist, und wobei für jede Laserlichtquelle (12a, 12b) je ein Justieroptik-Modul (44) vorgesehen ist, welches jeweils zwischen der Laserlichtquelle (12a, 12b) und dem zugeordneten Eingangskanal (18a, 18b) angeordnet ist.
12. Lasersystem (10) nach Anspruch 11, wobei für jeden optischen Eingangskanal (18a, 18b) ein separates Messoptik-Modul (56) vorgesehen ist.
13. Lasersystem (10) nach Anspruch 11, wobei ein Messoptik-Modul (56) mehreren Justieroptik-Modulen (44) gleichzeitig zugeordnet ist.

14. Lasersystem (10) nach einem der Ansprüche 11 - 13,  
wobei jeder Laserstrahl (14) einer jeden der mehreren  
Laserlichtquellen (12a, 12b) im Strahlengang vor dem  
Messoptik-Modul ohne Durchmischung mit Laserstrahlen  
5 (14) der jeweils anderen Laserlichtquellen verläuft.

Fig. 1





**Fig. 2**

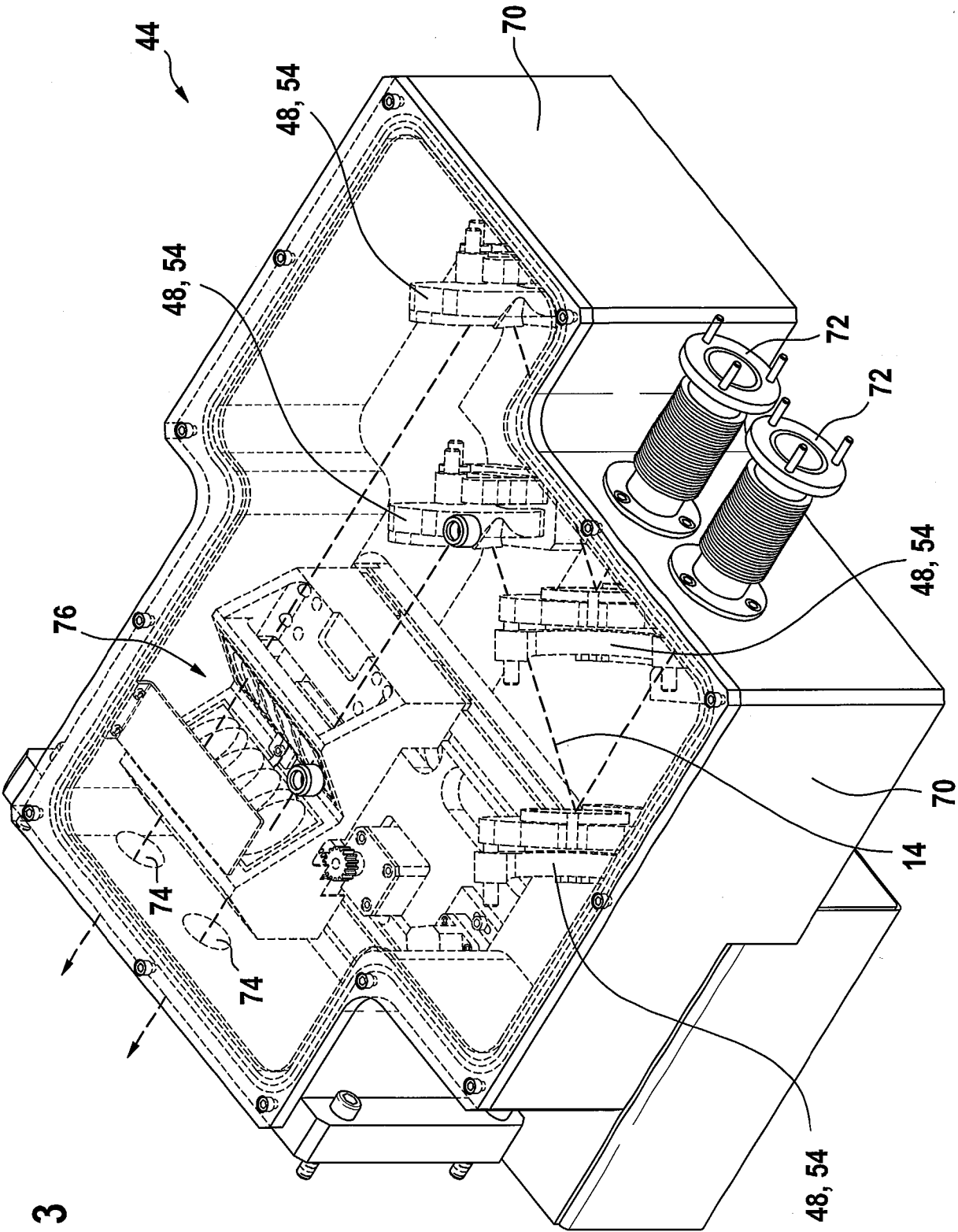


Fig. 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2020/050982****A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

**G02B 7/182**(2006.01)i; **B23K 26/06**(2014.01)i; **B23K 26/073**(2006.01)i; **B23K 26/70**(2014.01)i; **G02B 27/09**(2006.01)i;  
**G02B 27/10**(2006.01)i; **G02B 27/14**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B; B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                      | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | US 2017093119 A1 (SUZUKI AKIYOSHI [JP] ET AL) 30 March 2017 (2017-03-30)<br>paragraphs [0086] - [0265]; figures 1-16                    | 1-14                  |
| X         | WO 2015172816 A1 (TRUMPF LASER & SYSTEMTECHNIK [DE]) 19 November 2015<br>(2015-11-19)<br>page 8, line 7 - page 17, line 33; figures 1-3 | 1,3-5,7               |
| X         | US 2011253690 A1 (DANE C BRENT [US] ET AL) 20 October 2011 (2011-10-20)<br>paragraphs [0054] - [0075]; figures 2-4                      | 1-7                   |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date  
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

**07 April 2020**

Date of mailing of the international search report

**20 April 2020**

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office  
 p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk  
 Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

**Wolf, Steffen**

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2020/050982**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |                 | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| US                                        | 2017093119 | A1 | 30 March 2017                        | JP                      | 6363711 B2      | 25 July 2018                         |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | WO2016006099 A1 | 27 April 2017                        |
|                                           |            |    |                                      | KR                      | 20170030483 A   | 17 March 2017                        |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2017093119 A1   | 30 March 2017                        |
|                                           |            |    |                                      | WO                      | 2016006099 A1   | 14 January 2016                      |
| WO                                        | 2015172816 | A1 | 19 November 2015                     | EP                      | 3142823 A1      | 22 March 2017                        |
|                                           |            |    |                                      | TW                      | 201605566 A     | 16 February 2016                     |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2017064801 A1   | 02 March 2017                        |
|                                           |            |    |                                      | WO                      | 2015172816 A1   | 19 November 2015                     |
| US                                        | 2011253690 | A1 | 20 October 2011                      | CA                      | 2795993 A1      | 20 October 2011                      |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 2558242 A2      | 20 February 2013                     |
|                                           |            |    |                                      | ES                      | 2586148 T3      | 11 October 2016                      |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 6046033 B2      | 14 December 2016                     |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2013525113 A    | 20 June 2013                         |
|                                           |            |    |                                      | SG                      | 184894 A1       | 29 November 2012                     |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2011253690 A1   | 20 October 2011                      |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2011255088 A1   | 20 October 2011                      |
|                                           |            |    |                                      | WO                      | 2011129921 A2   | 20 October 2011                      |
|                                           |            |    |                                      | WO                      | 2011129922 A2   | 20 October 2011                      |

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G02B7/182 B23K26/06 B23K26/073 B23K26/70 G02B27/09  
 G02B27/10 G02B27/14

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G02B B23K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                            | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| X          | US 2017/093119 A1 (SUZUKI AKIYOSHI [JP] ET AL) 30. März 2017 (2017-03-30)<br>Absätze [0086] - [0265]; Abbildungen 1-16<br>-----                               | 1-14               |
| X          | WO 2015/172816 A1 (TRUMPF LASER & SYSTEMTECHNIK [DE])<br>19. November 2015 (2015-11-19)<br>Seite 8, Zeile 7 - Seite 17, Zeile 33;<br>Abbildungen 1-3<br>----- | 1,3-5,7            |
| X          | US 2011/253690 A1 (DANE C BRENT [US] ET AL) 20. Oktober 2011 (2011-10-20)<br>Absätze [0054] - [0075]; Abbildungen 2-4<br>-----                                | 1-7                |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. April 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/04/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Wolf, Steffen

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/050982

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |            |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------|
| US 2017093119                                      | A1                            | 30-03-2017                        | JP 6363711 B2                 | 25-07-2018 |
|                                                    |                               |                                   | JP W02016006099 A1            | 27-04-2017 |
|                                                    |                               |                                   | KR 20170030483 A              | 17-03-2017 |
|                                                    |                               |                                   | US 2017093119 A1              | 30-03-2017 |
|                                                    |                               |                                   | WO 2016006099 A1              | 14-01-2016 |
| -----                                              |                               |                                   |                               |            |
| WO 2015172816                                      | A1                            | 19-11-2015                        | EP 3142823 A1                 | 22-03-2017 |
|                                                    |                               |                                   | TW 201605566 A                | 16-02-2016 |
|                                                    |                               |                                   | US 2017064801 A1              | 02-03-2017 |
|                                                    |                               |                                   | WO 2015172816 A1              | 19-11-2015 |
| -----                                              |                               |                                   |                               |            |
| US 2011253690                                      | A1                            | 20-10-2011                        | CA 2795993 A1                 | 20-10-2011 |
|                                                    |                               |                                   | EP 2558242 A2                 | 20-02-2013 |
|                                                    |                               |                                   | ES 2586148 T3                 | 11-10-2016 |
|                                                    |                               |                                   | JP 6046033 B2                 | 14-12-2016 |
|                                                    |                               |                                   | JP 2013525113 A               | 20-06-2013 |
|                                                    |                               |                                   | SG 184894 A1                  | 29-11-2012 |
|                                                    |                               |                                   | US 2011253690 A1              | 20-10-2011 |
|                                                    |                               |                                   | US 2011255088 A1              | 20-10-2011 |
|                                                    |                               |                                   | WO 2011129921 A2              | 20-10-2011 |
| WO 2011129922 A2                                   | 20-10-2011                    |                                   |                               |            |
| -----                                              |                               |                                   |                               |            |