(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
17. August 2017 (17.08.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/137416 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G02B 7/00 (2006.01) *H01S 3/00* (2006.01)
G02F 1/35 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/052701

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. Februar 2017 (08.02.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 202 028.5
11. Februar 2016 (11.02.2016) DE

(71) Anmelder: **TRUMPF LASER GMBH** [DE/DE]; Aichhalder Strasse 39, 78713 Schramberg (DE).

(72) Erfinder: **ENZMANN, Andreas**; Katzensteig 5, 78052 Villingen-Schwenningen (DE).

(74) Anwalt: **KOHLER SCHMID MÖBUS PATENTANWÄLTE PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT MBB**; Gropiusplatz 10, 70563 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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title**: MOUNTING FOR A WAVELENGTH CONVERSION CRYSTAL, AND OPTICAL SYSTEM COMPRISING SUCH A MOUNTING

(54) **Bezeichnung** : HALTER FÜR EINEN WELLENLÄNGENUMWANDLUNGSKRISTALL UND OPTISCHES SYSTEM MIT EINEM SOLCHEN HALTER

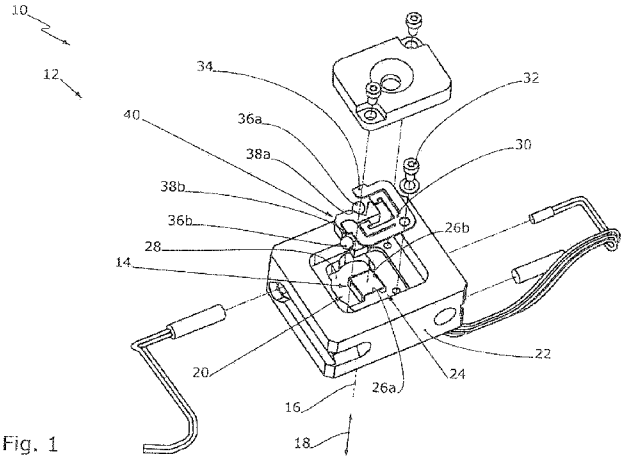

Fig. 1

(57) **Abstract**: The invention relates to a mounting (12) for a wavelength conversion crystal (14). The wavelength conversion crystal (14) can be mechanically fixed in the mounting (12) preferably in a reversibly releasable manner both peripherally as well as in the direction of the optical axis (16), when viewed in the direction of the optical axis (16), by means of spring forces. The peripheral or radial hold of the wavelength conversion crystal (14) is preferably carried out by a clamping device for the wavelength conversion crystal (14) in the form of an angular element (40) which can be pressed against an angular recess (24). The wavelength conversion crystal (14) can be clamped between the spring element (30) and a contact surface (28) in the direction of the optical axis (16). The spring element (30) is preferably designed as a single piece comprising a spring part (34) such that the spring part (34) directly or indirectly presses the angular element (40) in the direction of the angular recess (24). The spring element (30) is preferably secured to a holding body (22) by means of a fixing screw (32). The holding body (22) preferably has the contact surface (28) and/or the angular recess (24). The invention further relates to an optical system (10) comprising such a mounting (12) and a wavelength conversion crystal (14) fixed in the mounting (12).

(57) **Zusammenfassung**:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/137416 A1

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)*

Die Erfindung betrifft einen Halter (12) für einen Wellenlängenumwandlungskristall (14). Der Wellenlängenumwandlungskristall (14) ist vorzugsweise in dem Halter (12) - in Richtung der optischen Achse (16) betrachtet - sowohl umfänglich, als auch in Richtung der optischen Achse (16) durch Federkräfte mechanisch revisibel lösbar fixierbar. Das umfängliche, bzw. radiale Halten des Wellenlängenumwandlungskristalls (14) erfolgt bevorzugt durch eine Spannvorrichtung für den Wellenlängenumwandlungskristall (14) in Form eines Winkelelements (40), das gegen eine Winkelausnehmung (24) pressbar ist. In Richtung der optischen Achse (16) ist der Wellenlängenumwandlungskristall (14) zwischen ein Federelement (30) und eine Anlagefläche (28) spannbar. Das Federelement (30) ist vorzugsweise derart einteilig mit einem Federteil (34) ausgebildet, dass das Federteil (34) mittelbar oder unmittelbar das Winkelelement (40) in Richtung der Winkelausnehmung (24) presst. Das Federelement (30) ist vorzugsweise mit einer Fixierschraube (32) an einem Haltekörper (22) festgelegt. Der Haltekörper (22) weist bevorzugt die Anlagefläche (28) und/oder die Winkelausnehmung (24) auf. Die Erfindung betrifft weiterhin ein optisches System (10) mit einem solchen Halter (12) und einem in dem Halter (12) fixierten Wellenlängenumwandlungskristall (14).

Anmelder:
TRUMPF Laser GmbH
Aichhaldenstr. 39
D-78713 Schramberg

Vertreter:
Kohler Schmid Möbus
Patentanwälte PartG mbB
Gropiusplatz 10
D-70563 Stuttgart

Halter für einen Wellenlängenumwandlungskristall und optisches System mit einem solchen Halter

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft einen Halter für einen Wellenlängenumwandlungskristall gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein optisches System mit einem solchen Halter.

Stand der Technik

Es ist bekannt, einen Wellenlängenumwandlungskristall einzusetzen, um Laserstrahlung, welche in einem laseraktiven Medium bei einer bestimmten Frequenz, insbesondere bei einer Grundfrequenz bzw. Grundwellenlänge, erzeugt wird, in Laserstrahlung mit einer typischerweise höheren Frequenz umzuwandeln. Als Wellenlän-

genumwandlungskristalle dienen nichtlineare optische Kristalle, welche eine Frequenzkonversion von einer Grundfrequenz in eine höhere Harmonische, beispielsweise in die zweite oder dritte Harmonische, erzeugen.

Der Wellenlängenumwandlungskristall muss dabei möglichst spannungsfrei und positionsgenau in einem optischen System durch einen Halter aufgenommen werden. Ein solcher Halter ist beispielsweise aus der US 2002/0136247 A1 bekannt geworden. Der bekannte Halter weist zwei L-förmige Backen auf, die die Mantelflächen eines Wellenlängenumwandlungskristalls arretieren.

Die US 8,305,680 B2 offenbart einen Halter, in dem ein Wellenlängenumwandlungskristall an zwei Mantelflächen an dem Halter anliegt und der Wellenlängenumwandlungskristall durch Klebstoff im Halter fixiert ist. Durch den verwendeten Klebstoff kann es jedoch zu Ausgasungen kommen, die die Eigenschaften des Wellenlängenumwandlungskristalls beeinträchtigen können.

Die US 7,724,453 B2 schlägt demgegenüber vor, einen Wellenlängenumwandlungskristall rein mechanisch durch eine Feder zu fixieren.

Weiterhin ist es aus der WO 2015/122854 A2 bekannt geworden, einen Wellenlängenumwandlungskristall mittels zweier Spannklötze, die jeweils L-förmig ausgebildet sind, zu arretieren. Die Spannklötze sind durch Kugeln von weiteren Halterteilen thermisch weitgehend isoliert.

Weitere Halter sind aus der DE 697 27 516 T2, der WO 2006/042860 A1 und der DE 197 00 549 A1 bekannt geworden.

Die bekannten Halter sind dazu ausgelegt, in Strahlausbreitungsrichtung verhältnismäßig lange Wellenlängenumwandlungskristalle aufzunehmen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass bei breitbandiger Laserstrahlung in Strahlausbreitungsrichtung kurze Wellenlängenumwandlungskristalle von Vorteil sind, da diese bei hohen Intensitäten verwendet werden können, wobei sich die Phase der Laserstrahlung im Wellenlängenumwandlungskristall wenig ändert und eine hohe Konversionseffizienz erreicht wird.

Die aus dem Stand der Technik bekannten Halter zeigen Nachteile bei der Fixierung von in Strahlausbreitungsrichtung verhältnismäßig kurzen Wellenlängenumwandlungskristallen. Weiterhin ist eine Fixierung des Wellenlängenumwandlungskristalls mit einer Feder, die gegen eine Mantelfläche des Wellenlängenumwandlungskristalls presst, problematisch, da die Wärmeanbindung an den Wellenlängenumwandlungskristall schlecht ist und die Halterung aufgrund der kurzen Mantelfläche instabil wird. Wird der Wellenlängenumwandlungskristall demgegenüber starr in einem Halter fixiert, entstehen bei Wärmezyklen während des Laserbetriebs Spannungen im Wellenlängenumwandlungskristall und es können Defekte entstehen, die den Wellenlängenumwandlungskristall beschädigen und/oder die Konversionseffizienz erniedrigen. Ohne eine Fixierung des Wellenlängenumwandlungskristalls in Strahlausbreitungsrichtung kann der Wellenlängenumwandlungskristall bei Temperaturzyklen in der Strahlausbreitungsrichtung kriechen und kippen, sodass sich der Winkel zwischen dem Wellenlängenumwandlungskristall und der auf ihn treffenden Laserstrahlung ändert, und die Konversionseffizienz verringert wird.

Aufgabe der Erfindung

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Halter bereit zu stellen, der eine spannungsfreie, temperaturstabile und positionsgenaue Fixierung eines in Strahlausbreitungsrichtung kurzen Wellenlängenumwandlungskristalls mit homogener Temperaturverteilung im Kristall ermöglicht. Weiterhin ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein optisches System mit einem solchen Halter bereit zu stellen.

Gegenstand der Erfindung

Diese Aufgabe wird durch einen Halter für einen Wellenlängenumwandlungskristall mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie durch ein optisches System mit den Merkmalen des Patentanspruchs 10 gelöst. Die Unteransprüche geben zweckmäßige Weiterbildungen an.

Der erfindungsgemäße Halter weist einen ersten Strahlzugang auf, der zu einer ersten Strahlzugangsfläche des Wellenlängenumwandlungskristalls führt. Bei dem ersten Strahlzugang kann es sich um einen Strahleinlass und/oder einen Strahlauslass handeln. Bei der ersten Strahlzugangsfläche kann es sich um eine Strahleintrittsflä-

che und/oder eine Strahlaustrittsfläche handeln. Der Halter weist weiterhin einen zweiten Strahlzugang auf, der zu einer zweiten Strahlzugangsfläche des Wellenlängenumwandlungskristalls führt. Bei dem zweiten Strahlzugang kann es sich um einen Strahleinlass und/oder einen Strahlauslass handeln. Bei der zweiten Strahlzugangsfläche kann es sich um eine Strahleintrittsfläche und/oder eine Strahlaustrittsfläche handeln. Zwischen dem ersten Strahlzugang und dem zweiten Strahlzugang ist eine Aufnahme für den Wellenlängenumwandlungskristall vorgesehen. Im montierten Zustand liegt der Wellenlängenumwandlungskristall mit seiner ersten Strahlzugangsfläche an einer Anlagefläche des Halters an. Der Halter weist ein Federelement auf, das gegen einen Teil der zweiten Strahlzugangsfläche im montierten Zustand des Wellenlängenumwandlungskristalls gepresst ist, sodass der Wellenlängenumwandlungskristall gegen die Anlagefläche gepresst wird.

Erfindungsgemäß ist es somit vorgesehen, einen Halter bereit zu stellen, der dazu ausgebildet ist, einen Wellenlängenumwandlungskristall in Strahlausbreitungsrichtung mechanisch durch ein Federelement zu fixieren. Hierdurch können auch in Strahlausbreitungsrichtung sehr kurze Wellenlängenumwandlungskristalle kippstabil und positionsgenau im Halter fixiert werden. Die Strahlausbreitungsrichtung entspricht dabei der optischen Achse bzw. der Z-Achse.

Um den Halter einfach fertigen zu können, kann das Federelement in Form eines Federblechs ausgebildet sein.

Vorzugsweise weist das Federelement einen Federarm auf. Besonders bevorzugt weist das Federelement zwei Federarme auf, um den Wellenlängenumwandlungskristall besonders zuverlässig gegen die Anlagefläche pressen zu können.

Um den Wellenlängenumwandlungskristall drehstabil um die Achse der Stahlausbreitungsrichtung im Halter zu fixieren, weist der Halter eine Winkelausnehmung zur teilweisen Anlage der Mantelflächen des Wellenlängenumwandlungskristalls auf. Unter den Mantelflächen werden dabei die Mantelseiten des Wellenlängenumwandlungskristalls zwischen der ersten Strahlzugangsfläche und der zweiten Strahlzugangsfläche des Wellenlängenumwandlungskristalls verstanden. In der Ecke der Winkelausnehmung kann eine Aussparung ausgebildet sein, sodass der Wellenlän-

genumwandlungskristalls nicht mit einer Kante, sondern nur mit seinen Mantelflächen an der Winkelausnehmung anliegt.

In weiter bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung weist der Halter einen soliden Haltekörper auf, in dem die Winkelausnehmung ausgebildet ist. Die Temperatur des Haltekörpers kann dadurch besonders effektiv auf den Wellenlängenumwandlungskristall übertragen werden. Der Haltekörper ist vorzugsweise einteilig ausgebildet.

Die Konversionseffizienz ist stark abhängig von der Temperatur des Wellenlängenumwandlungskristalls. Die thermische Anbindung des Wellenlängenumwandlungskristalls an den Halter ist daher von großer Bedeutung. Weiterhin kann die Konversionseffizienz des Wellenlängenumwandlungskristalls stabil gehalten werden, wenn der Wellenlängenumwandlungskristall auf eine Temperatur weit über Raumtemperatur erhitzt wird, sodass Schwankungen der Raumtemperatur lediglich einen minimalen Einfluss auf die Konversionseffizienz des Wellenlängenumwandlungskristalls haben.

Der Halter weist daher ein Winkelelement auf, das durch ein Federteil des Halters gegen Mantelflächen des Wellenlängenumwandlungskristalls pressbar ist, sodass der Wellenlängenumwandlungskristall an seinen Mantelflächen zwischen dem Winkelelement und der Winkelausnehmung einspannbar ist. Der Wellenlängenumwandlungskristall ist dadurch radial bzw. an seinen umfangseitigen Mantelflächen temperierbar.

Die Winkelausnehmung kann zwei Mantelanlageseiten aufweisen. Die Mantelanlageseiten der Winkelausnehmung sind vorzugsweise senkrecht zueinander ausgebildet. Das Winkelelement kann genau zwei Mantelanlageseiten aufweisen. Die Mantelanlageseiten des Winkelelements können senkrecht zueinander ausgebildet sein. Besonders bevorzugt sind sowohl die Mantelanlageseiten der Winkelausnehmung als auch die Mantelanlageseiten des Winkelelements senkrecht zueinander ausgebildet, sodass ein quaderförmiger Wellenlängenumwandlungskristall sicher an seinen Mantelflächen zwischen der Winkelausnehmung und dem Winkelelement gehalten wird.

Besonders bevorzugt liegt das Winkelelement auf der Anlagefläche für den Wellenlängenumwandlungskristall auf. Hierdurch wird ein besonders guter thermischer Kontakt von der Anlagefläche auf das Winkelelement und weiter auf den Wellenlängenumwandlungskristall erreicht. Die Anlagefläche ist vorzugsweise Teil des Haltekörpers, sodass eine gleichmäßige Erwärmung vom Haltekörper über die Anlagefläche auf die erste Strahlzugangsfläche des Wellenlängenumwandlungskristalls erfolgen kann.

Das Winkelelement ist vorzugsweise L-förmig ausgebildet.

Eine besonders kompakte Ausbildung des Halters wird erreicht, indem das Winkelelement zumindest zwei Nuten, insbesondere in Form von V-förmigen Nuten, aufweist, in denen jeweils ein Rollkörper, insbesondere eine Kugel, des Halters angeordnet ist, wobei die Rollkörper durch das Federteil mit einer Federkraft zur Fixierung des Wellenlängenumwandlungskristalls beaufschlagbar sind. Der Halter ist somit in diesem Fall dazu ausgebildet, mit dem Federteil die Rollkörper, insbesondere Kugeln, mit einer Federkraft zu beaufschlagen. Die Federkraft wird durch die Rollkörper, die in den Nuten angeordnet sind, in eine Arretierkraft in Richtung der Mantelflächen des Wellenlängenumwandlungskristalls übersetzt. Dies ermöglicht eine konstruktiv einfache und kompakte Ausbildung des Halters. Das Federteil kann zwei Federarme aufweisen, die die Rollkörper, insbesondere die Kugeln, mit der Federkraft beaufschlagen.

Weiter bevorzugt ist das Federteil mit dem Federelement verbunden, wobei das Federteil zumindest teilweise weiter zur Anlagefläche hin vorragt, als das Federelement. Der Wellenlängenumwandlungskristall kann dadurch bei dessen Anordnung im Halter zunächst mittelbar oder unmittelbar durch das Federteil an seinen Mantelflächen fixiert und anschließend an der zweiten Strahlzugangsfläche durch das Federelement fixiert werden. Mit anderen Worten erfolgt in diesem Fall die Arretierung des Wellenlängenumwandlungskristalls in der Aufnahme nicht zeitgleich in Strahlausbreitungsrichtung und quer zur Strahlausbreitungsrichtung, sondern zunächst quer zur Strahlausbreitungsrichtung, indem die Mantelflächen des Wellenlängenumwandlungskristalls, insbesondere durch Mantelanlageseiten, fixiert werden und an-

schließend der Wellenlängenumwandlungskristall in Strahlausbreitungsrichtung durch das Federelement fixiert wird.

Die Herstellung des Halters wird weiter vereinfacht und die Montage des Wellenlängenumwandlungskristalls in der Aufnahme signifikant erleichtert, wenn das Federteil mit dem Federelement verbunden ist und beide Teile durch eine einzige Fixierschraube des Halters mit einem weiteren Bauteil des Halters, insbesondere mit dem Haltekörper, verbunden sind. Der Wellenlängenumwandlungskristall kann dadurch in diesem Fall durch Anziehen einer einzigen Fixierschraube in der Aufnahme arretiert werden.

Das Federteil kann in Form eines Federblechs ausgebildet sein.

Besonders bevorzugt ist das Federteil einteilig mit dem Federelement ausgebildet. Federteil und Federelement sind dadurch besonders einfach und kostengünstig herstellbar. Weiterhin wird hierdurch die Anzahl der einzelnen Bauteile des Halters reduziert, sodass eine erleichterte Montage des Wellenlängenumwandlungskristalls in der Aufnahme erfolgen kann.

Der Halter kann eine elektrische Heizung aufweisen. Vorzugsweise ist die elektrische Heizung in Form einer Heizpatrone ausgebildet. Weiter bevorzugt weist der Halter zwei Heizpatronen auf, die zueinander beabstandet angeordnet sind. Zumindest eine Heizpatrone kann dabei in einer Heizpatronenausnehmung des Haltekörpers angeordnet sein. Vorzugsweise weist der Haltekörper zwei Heizpatronenausnehmungen auf, die zueinander beabstandet sind, wobei in jeder Heizpatronenausnehmung eine Heizpatrone angeordnet ist. Die Aufnahme ist vorzugsweise zwischen den Heizpatronenausnehmungen ausgebildet.

Um die Konversionseffizienz des Wellenlängenumwandlungskristalls weiter zu stabilisieren, kann der Halter einen Temperatursensor aufweisen. Der Temperatursensor kann in einer Temperatursensorausnehmung angeordnet sein, die im Haltekörper ausgebildet ist, sodass eine besonders präzise Messung der Temperatur des Wellenlängenumwandlungskristalls erfolgen kann. Die Temperatursensorausnehmung kann in Form einer Durchgangsausnehmung zur Aufnahme ausgebildet sein, sodass

der Temperatursensor in unmittelbarem Kontakt mit dem Wellenlängenumwandlungskristall steht. Alternativ dazu kann die Temperatursensorausnehmung in Form eines Sacklochs ausgebildet sein. In diesem Fall endet das Sackloch vorzugsweise möglichst nahe am Wellenlängenumwandlungskristall, um den Temperatursensors möglichst nahe am Wellenlängenumwandlungskristall anzuordnen. Der Abstand des Temperatursensors zum Wellenlängenumwandlungskristall ist vorzugsweise kleiner als die Hälfte der kleinsten Abmessung des Wellenlängenumwandlungskristalls senkrecht zur Strahlausbreitungsrichtung.

Weiter bevorzugt ist die Temperatursensorausnehmung mittig zwischen zwei Heizpatronenausnehmungen angeordnet, sodass die vom Temperatursensor bestimmte Temperatur möglichst wenig von den Heizpatronen beeinflusst ist.

Der Halter kann einen Gaseinlass und einen Gasauslass aufweisen. Gaseinlass und Gasauslass sind fluidisch mit der Aufnahme verbunden, sodass der Wellenlängenumwandlungskristall in seinem im Halter montierten Zustand mit einem Gas gespült werden kann. Durch die Gasspülung kann die Stabilität der Konversionseffizienz weiter verbessert werden.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein optisches System mit einem zuvor beschriebenen Halter und einem in dem Halter montierten Wellenlängenumwandlungskristall. Der Wellenlängenumwandlungskristall ist in Form eines nichtlinearen optischen Kristalls ausgebildet. Der Wellenlängenumwandlungskristall wird in Strahlausbreitungsrichtung, d. h. in einer Richtung zwischen seiner ersten Strahlzugangsfläche und seiner zweiten Strahlzugangsfläche, zwischen der Anlagefläche und dem Federelement gehalten.

Weiter bevorzugt wird der Wellenlängenumwandlungskristall an seinen Mantelflächen zwischen dem Winkelelement und der Winkelausnehmung gehalten.

Der Wellenlängenumwandlungskristall ist vorzugsweise einteilig ausgebildet. Er kann jedoch auch in zwei oder mehr Teile aufgeteilt sein.

Der Wellenlängenumwandlungskristall kann in Form eines KTP($KTiOPO_4$)-Kristalls, eines LBO(LiB_3O)-Kristalls, eines BBO(β-BaB_2O_6)-Kristalls oder eines CLBO($CsLiB_6O_{10}$)-Kristalls ausgebildet sein.

Der Wellenlängenumwandlungskristall weist vorzugsweise eine Quaderform auf. Die erste Strahlzugangsfläche und/oder die zweite Strahlzugangsfläche können jedoch auch schräg zu den Mantelflächen des Wellenlängenumwandlungskristalls ausgebildet sein, beispielsweise um Reflexionen von der optischen Achse weg zu reflektieren. Die erste Strahlzugangsfläche und/oder die zweite Strahlzugangsfläche kann mit einer Antireflexionsbeschichtung versehen sein, um optische Transmissionsverluste aufgrund von Fresnel-Reflexionen zu minimieren.

Um eine Beeinträchtigung des Konversionsverhaltens zu minimieren, ist der Wellenlängenumwandlungskristall vorzugsweise klebstofffrei in der Aufnahme angeordnet.

Der Wellenlängenumwandlungskristall ist vorzugsweise reversibel lösbar, d. h. zerstörungsfrei montierbar und zerstörungsfrei demontierbar, in der Aufnahme angeordnet, sodass ein Austausch des Wellenlängenumwandlungskristalls auf einfache Art und Weise ermöglicht wird.

Das optische System weist vorzugsweise einen optischen Resonator auf. Der optische Resonator weist zumindest zwei Spiegel auf. Der Halter kann zwischen den beiden Spiegeln angeordnet sein. Alternativ dazu kann der Halter außerhalb der Spiegel angeordnet sein.

Der optische Resonator kann weiterhin ein laseraktives Medium, insbesondere ein laseraktives Festkörpermedium, ein Gütemodulationselement und/oder einen Auskoppelspiegel, aufweisen. Das optische System kann dadurch zur Modulation und/oder zur Erzeugung eines Laserstrahls eingesetzt werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung mehrerer Ausführungsbeispiele der Erfindung, aus den

Patentansprüchen sowie anhand der Figuren der Zeichnung, die erfindungswesentliche Einzelheiten zeigt.

Die in der Zeichnung gezeigten Merkmale sind derart dargestellt, dass die erfindungsgemäßen Besonderheiten deutlich sichtbar gemacht werden können. Die verschiedenen Merkmale können je einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen bei Varianten der Erfindung verwirklicht sein.

Es zeigen:

Figur 1	eine perspektivische Explosionsansicht eines ersten optischen Systems;
Figur 2	eine teiltransparente Vorderansicht des optischen Systems gemäß Figur 1;
Figur 3	eine perspektivische Ansicht des optischen Systems gemäß den Figuren 1 und 2;
Figur 4	eine teiltransparente Rückansicht des optischen Systems gemäß den Figuren 1 bis 3;
Figur 5	eine schematische Seitenansicht eines zweiten optischen Systems;
Figur 6	eine schematische Seitenansicht eines dritten optischen Systems; und
Figur 7	eine schematische Seitenansicht eines vierten optischen Systems.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnung

Figur 1 zeigt ein optisches System **10** mit einem Halter **12** zum Halten eines Wellenlängenumwandlungskristall **14**. Der Wellenlängenumwandlungskristall 14 dient der

Vervielfachung einer Frequenz einer Laserstrahlung (nicht gezeigt), die den Wellenlängenumwandlungskristall 14 entlang einer optischen Achse **16** durchtritt. Die optische Achse 16 entspricht der Strahlausbreitungsrichtung **18**. Da die Strahlausbreitung in beide Richtungen entlang der optischen Achse 16 erfolgen kann, ist die Strahlausbreitungsrichtung 18 in Figur 1 durch einen Doppelpfeil dargestellt. Der Wellenlängenumwandlungskristall 14 ist in einer Aufnahme **20** des Halters 12 angeordnet. Die Aufnahme 20 ist in einem Haltekörper **22** ausgebildet.

Der Haltekörper 22 weist eine Winkelausnehmung **24** auf. Die Winkelausnehmung 24 weist eine erste Mantelanlageseite **26a** und eine zweite Mantelanlageseite **26b** auf. Die zweite Mantelanlageseite 26b ist senkrecht zur ersten Mantelanlageseite 26a ausgebildet. Der Wellenlängenumwandlungskristall 14 liegt an den Mantelanlageseiten 26a, 26b an. Weiterhin liegt der Wellenlängenumwandlungskristall 14 an einer Anlagefläche **28** auf. Die Anlagefläche 28 ist vorzugsweise senkrecht zur ersten Mantelanlageseite 26a und senkrecht zur zweiten Mantelanlageseite 26b ausgebildet. Die Anlagefläche 28 ist vorzugsweise Teil des Haltekörpers 22.

Der Wellenlängenumwandlungskristall 14 wird durch ein Federelement **30** gegen die Anlagefläche 28 gepresst. Das Federelement 30 wird dabei durch eine Fixierschraube 22 zum Haltekörper 22 gezogen. Das Federelement 30 ist einteilig, d. h. einstückig, mit einem Federteil **34** ausgebildet. Das Federteil 34 beaufschlägt Rollkörper **36a, 36b** mit einer Federkraft. Diese Federkraft wird durch die Rollkörper 36a, 36b über Nuten **38a, 38b** in einem Winkelelement **40**, die insbesondere in Form von V-förmigen Nuten ausgebildet sind, in eine weitere Kraft übertragen, die den Wellenlängenumwandlungskristall 14 gegen die Mantelanlageseiten 26a, 26b gepresst hält. Die Rollkörper 36a, 36b können in Form von Zylindern oder dergleichen ausgebildet sein. Bevorzugt sind die Rollkörper 36a, 36b – wie in Figur 1 dargestellt – in Form von Kugeln ausgebildet.

Figur 2 zeigt das optische System 10, wobei Teile des optischen Systems 10 transparent dargestellt sind, um die Montageposition des Wellenlängenumwandlungskristalls 14 im Halter 12 zu verdeutlichen. Aus Figur 2 ist ersichtlich, dass der Wellenlängenumwandlungskristall 14 eine erste Strahlzugangsfläche **42** aufweist. Das Federelement 30 weist einen ersten Federarm **44a** und einen zweiten Federarm **44b**

auf, die auf der ersten Strahlzugangsfläche 42 aufliegen und den Wellenlängenumwandlungskristall 14 auf diese Art und Weise gegen die Anlagefläche 28 (siehe Figur 1) pressen. Das Federteil 34 weist einen ersten Federarm **46a** und einen zweiten Federarm **46b** auf, die die Rollkörper 36a, 38b (siehe Figur 1) in die Nuten 38a, 38b (siehe Figur 1) pressen. Federelement 30 und Federteil 34 sind einteilig in Form eines Federblechs ausgebildet.

Um den Wellenlängenumwandlungskristall 14 stabil bei einer definierten Temperatur zu halten, weist der Haltekörper 22 eine erste Heizpatronenausnehmung **48a** und eine zweite Heizpatronenausnehmung **48b** auf. Der Wellenlängenumwandlungskristall 14 ist gleich weit beabstandet zu beiden Heizpatronenausnehmung 48a, 48b zwischen den Heizpatronenausnehmungen 48a, 48b angeordnet. In den Heizpatronenausnehmungen 48a, 48b sind Heizpatronen **50a, 50b** angeordnet. Der Haltekörper 22 weist weiterhin eine Temperatursensorausnehmung **52** auf. In der Temperatursensorausnehmung 52 ist ein Temperatursensor **54** angeordnet. Die Temperatursensorausnehmung 52 ist vorzugsweise gleich weit zu den Heizpatronenausnehmungen 48a, 48b beabstandet ausgebildet.

Figur 3 zeigt das optische System 10 in einer perspektivischen Ansicht. Aus Figur 3 ist ersichtlich, dass der Halter 12 einen ersten Strahlzugang **56** aufweist. Der erste Strahlzugang 56 dient dem Einlass von Laserlicht entlang der optischen Achse 16 auf die erste Strahlzugangsfläche 42. Der erste Strahlzugang 56 ist vorliegend in Form einer Durchgangsausnehmung ausgebildet. Alternativ oder zusätzlich dazu kann der Halter 12 eine transparente Scheibe zum Einlass von Laserlicht entlang der optischen Achse 16 auf die erste Strahlzugangsfläche 42 aufweisen. Die optische Achse 16 steht im vorliegenden Fall senkrecht auf der ersten Strahlzugangsfläche 42. Der Begriff „erste Strahlzugangsfläche“ ist dabei nicht so einschränkend zu verstehen, dass der Wellenlängenumwandlungskristall 14 an der ersten Strahlzugangsfläche 42 nur Strahlung aufnimmt, sondern Laserlicht kann sich in beide Richtungen entlang der optischen Achse 16 durch den Wellenlängenumwandlungskristall 14 ausbreiten bzw. ein- und austreten. Der erste Strahlzugang 56 ist im vorliegenden Fall in einem Deckel **58** des Halters 12 ausgebildet. Der Deckel 58 ist auf den Haltekörper 22 aufschraubbar.

Figur 4 zeigt eine teiltransparente Rückansicht des zuvor erläuterten optischen Systems 10. Aus Figur 4 ist ersichtlich, dass der Halter 12 einen zweiten Strahlzugang **60** aufweist. Der zweite Strahlzugang 60 bietet Zugang für Laserlicht zu einer zweiten Strahlzugangsfläche **62** des Wellenlängenumwandlungskristalls 14. Im vorliegenden Fall ist der zweite Strahlzugang 60 in Form einer Durchgangsausnehmung im Haltekörper 22 ausgebildet. Der Begriff „zweite Strahlzugangsfläche" ist nicht so einschränkend auszulegen, dass Laserlicht nur an der zweiten Strahlzugangsfläche eintritt, sondern Laserlicht kann auch über die zweite Strahlzugangsfläche aus dem Wellenlängenumwandlungskristall 14 austreten. Der zweite Strahlzugang kann alternativ dazu in Form einer für einen Laserstrahl weitgehend transparenten Scheibe ausgebildet sein. Weiterhin kann der in Figur 4 gezeigte zweite Strahlzugang 60 durch eine für einen Laserstrahl weitgehend transparente Scheibe verschlossen sein.

Als Laserstrahl wird vorzugsweise Laserlicht mit einer Wellenlänge zwischen 1 µm und 3 µm eingesetzt. Der frequenzkonvertierte Laserstrahl weist dabei vorzugsweise eine Wellenlänge zwischen 0,5 µm und 1,5 µm auf.

Der Wellenlängenumwandlungskristall 14 weist Mantelflächen **64a, 64b, 64c, 64d** auf. Die Mantelflächen 64a – d sind senkrecht zur zweiten Strahlzugangsfläche 62 ausgebildet. Weiterhin sind die Mantelflächen 64a – d senkrecht zur ersten Strahlzugangsfläche 42 (siehe Figur 2) ausgebildet. Die zweite Strahlzugangsfläche 62 und erste Strahlzugangsfläche 42 verlaufen im vorliegenden Fall daher parallel zueinander. Weiterhin verläuft die Mantelfläche 64a parallel zur Mantelfläche 64c und die Mantelfläche 64b parallel zur Mantelfläche 64d. Die Mantelflächen 64a – d sind gleich groß ausgebildet.

Die Mantelfläche 64a liegt an einer ersten Mantelanlageseite **66a** des Winkelelements 40 an. Die Mantelfläche 64b liegt an einer zweiten Mantelanlageseite **66b** des Winkelelements 40 an. Um einen sicheren Sitz des Wellenlängenumwandlungskristalls 14 an dem Winkelelement 40 zu gewährleisten, weist das Winkelelement 40 eine Aussparung **68** zwischen der ersten Mantelanlageseite 66a und der zweiten Mantelanlageseite 66b auf. Das Winkelelement 40 ist Form eines gleichschenkligen L ausgebildet.

Die Mantelfläche 64c liegt an der ersten Mantelanlageseite 26a (siehe Figur 1) und die Mantelfläche 64d liegt an der zweiten Mantelanlageseite 26b (siehe Figur 1) an.

Der Halter 12 ist dazu ausgebildet, den Wellenlängenumwandlungskristall 14 umfangsseitig, d. h. senkrecht zur Strahlausbreitungsrichtung 18 (siehe Figur 1), zwischen dem Winkelelement 40 und der Winkelausnehmung 24 (siehe Figur 1) zu arretieren. In Strahlausbreitungsrichtung 18 (siehe Figur 1) ist der Wellenlängenumwandlungskristall 14 zwischen der Anlagefläche 28 (siehe Figur 1) und den Federarmen 44a, 44b (siehe Figur 2) arretiert. Der Wellenlängenumwandlungskristall 14 ist dadurch in allen Freiheitsgraden reversibel lösbar, mechanisch im Halter 12 arretiert.

Um den Wellenlängenumwandlungskristall 14 mit einem Gas zumindest teilweise umspülen zu können, kann der Halter 12 einen Gaseinlass **70a** und einen Gasauslass **70b** aufweisen. Gaseinlass 70a und Gasauslass 70b sind in Figur 4 durch gestrichelte Linien lediglich schematisch angedeutet.

Figur 5 zeigt ein weiteres optisches System 10 in einer schematischen Darstellung. Das optische System 10 weist einen Halter 12 auf, in dem ein Wellenlängenumwandlungskristall 14 arretiert ist. Der Wellenlängenumwandlungskristall 14 ist auf der optischen Achse 16 in einem optischen Resonator **72** angeordnet. Der optische Resonator 72 weist einen ersten Spiegel **74a** und einen zweiten Spiegel **74b** auf. Die Spiegel 74a, 74b sind in Form von Endspiegeln ausgebildet. In dem Resonator 72 ist weiterhin ein laseraktives Medium **76** vorgesehen. Die in dem laseraktiven Medium 76 durch eine Pumplichtquelle (nicht gezeigt) mit einer Grundfrequenz angeregte Laserstrahlung wird in dem Wellenlängenumwandlungskristall 14 frequenzkonvertiert. Die frequenzkonvertierte Laserstrahlung kann über einen dichroitischen Auskoppelspiegel **78** als frequenzkonvertierte Laserstrahlung aus dem optischen Resonator 72 ausgekoppelt werden. Der Auskoppelspiegel 78 ist insbesondere unter 45° zur optischen Achse 16 ausgerichtet.

Bei dem laseraktiven Medium 76 kann es sich beispielsweise um einen Nd:VYO_4-Kristall, Nd:YAG-Kristall, Yb:YAG-Kristall oder einen anderen laseraktiven Kristall handeln. Der Wellenlängenumwandlungskristall 14 kann in Form eines nichtlinearen Kristalls, beispielsweise in Form eines Lithiumtriborat (LiB_3O_5)-Kristalls ausgebildet

sein, welcher frequenzkonvertierte Laserstrahlung bei der zweiten Harmonischen der Grundfrequenz erzeugt. Das optische System 10 kann weiterhin ein Gütemodulationselement (nicht gezeigt), beispielsweise einen akusto-optischen-Modulator oder ggf. einen elektro-optischen-Modulator, beispielsweise eine Pockelszelle, aufweisen.

Figur 6 zeigt ein weiteres optisches System 10. Das optische System 10 gemäß Figur 6 entspricht dem optischen System 10 gemäß Figur 5. Allerdings ist in dem optischen System 10 gemäß Figur 6 der Halter 12 mit dem Wellenlängenumwandlungskristall 14 außerhalb des Resonators 72 angeordnet.

Figur 7 zeigt ein weiteres optisches System 10. Das optische System 10 weist einen Halter 12 auf, in dem ein Wellenlängenumwandlungskristall 14 arretiert ist. Weiterhin weist das optische System 10 eine Laserquelle **80** auf. Die Laserquelle 80 kann in Form eines Laseroszillators bzw. eines Seed-Lasers ausgebildet sein. Die Laserquelle 80 kann dabei in Form eines Faserlasers, eines Diodenlasers, eines Stablasers, eines Slablasers oder eines Scheibenlasers ausgebildet sein.

Das Laserlicht der Laserquelle 80 wird in einen ersten Verstärker **82** eingespeist. Der erste Verstärker kann in Form eines Faserlasers, eines Stablasers, eines Slablasers oder eines Scheibenlasers ausgebildet sein.

Das aus dem ersten Verstärker 82 austretende Laserlicht kann einem optionalen zweiten Verstärker **84** zugeführt werden. Weiterhin kann das aus dem optionalen zweiten Verstärker 84 austretende Laserlicht einem optionalen dritten Verstärker **86** zugeführt werden.

Das Laserlicht wird schließlich dem Wellenlängenumwandlungskristall 14 im Halter 12 zur Frequenzkonvertierung zugeführt. Aus Figur 7 ist ersichtlich, dass der Halter 12 mit dem Wellenlängenumwandlungskristall 14 außerhalb der Laserquelle 80 und/oder außerhalb der Verstärker 82, 84, 86 anordenbar ist.

Unter Vornahme einer Zusammenschau aller Figuren der Zeichnung betrifft die Erfindung zusammenfassend einen Halter 12 für einen Wellenlängenumwandlungskristall 14. Der Wellenlängenumwandlungskristall 14 ist vorzugsweise in dem Halter 12 –

in Richtung der optischen Achse 16 betrachtet – sowohl umfänglich, als auch in Richtung der optischen Achse 16 durch Federkräfte mechanisch reversibel lösbar fixierbar. Das umfängliche bzw. radiale Halten des Wellenlängenumwandlungskristalls 14 erfolgt dabei bevorzugt durch eine Spannvorrichtung für den Wellenlängenumwandlungskristall in Form eines Winkelelements 40, das gegen eine Winkelausnehmung 24 pressbar ist. In Richtung der optischen Achse 16 ist der Wellenlängenumwandlungskristall 14 zwischen ein Federelement 30 und eine Anlagefläche 28 spannbar. Das Federelement 30 ist vorzugsweise derart einteilig mit einem Federteil 34 ausgebildet, dass das Federteil 34 mittelbar oder unmittelbar das Winkelelement 40 in Richtung der Winkelausnehmung 24 presst. Das Federelement 30 ist vorzugsweise mit einer Fixierschraube 32 an einem Haltekörper 22 festgelegt. Der Haltekörper 22 weist bevorzugt die Anlagefläche 28 und/oder die Winkelausnehmung 24 auf. Die Erfindung betrifft weiterhin ein optisches System 10 mit einem solchen Halter 12 und mit einem in dem Halter 12 fixierten Wellenlängenumwandlungskristall 14.

Patentansprüche

1. Halter (12) für einen Wellenlängenumwandlungskristall (14), wobei der Halter (12) Folgendes aufweist:
   a. Einen ersten Strahlzugang (56) zu einer ersten Strahlzugangsfläche (42) des Wellenlängenumwandlungskristalls (14);
   b. einen zweiten Strahlzugang (60) zu einer zweiten Strahlzugangsfläche (62) des Wellenlängenumwandlungskristalls (14);
   c. eine Aufnahme (20) für den Wellenlängenumwandlungskristall (14) zwischen dem ersten Strahlzugang (56) und dem zweiten Strahlzugang (60);

   wobei der Halter (12) eine Anlagefläche (28) aufweist, an die der Wellenlängenumwandlungskristall (14) mit seiner ersten Strahlzugangsfläche (42) anlegbar ist und der Halter (12) ein Federelement (30) aufweist, das gegen einen Teil der zweiten Strahlzugangsfläche (62) pressbar ist, um den Wellenlängenumwandlungskristall (14) gegen die Anlagefläche (28) zu pressen, wobei die Aufnahme (20) eine Winkelausnehmung (24) zur teilweisen Anlage von Mantelflächen (64a - d) des Wellenlängenumwandlungskristalls (14) aufweist, wobei der Wellenlängenumwandlungskristall (14) die Mantelflächen (64a - d) zwischen der ersten Strahlzugangsfläche (42) und der zweiten Strahlzugangsfläche (62) aufweist,

   dadurch gekennzeichnet, dass

   der Halter (12) ein Winkelelement (40) aufweist, das durch ein Federteil (34) des Halters (12) gegen die Mantelflächen (64a - d) des Wellenlängenumwandlungskristalls (14) pressbar ist, um den Wellenlängenumwandlungskristall (14) gegen die Winkelausnehmung (24) zu pressen und das Winkelelement (40) zumindest zwei Nuten (38a; 38b) aufweist, in denen jeweils ein Rollkörper (36a; 36b) des Halters (12) angeordnet ist, wobei die Rollkörper (36a; 36b)

durch das Federteil (34) mit einer Federkraft zur radialen Fixierung des Wellenlängenumwandlungskristalls (14) beaufschlagbar sind.

2. Halter nach Anspruch 1, bei dem das Federelement (30) in Form eines Federblechs ausgebildet ist.

3. Halter nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Federelement (30) einen Federarm (44a; 44b) aufweist.

4. Halter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Halter (12) einen Haltekörper (22) aufweist, in dem die Winkelausnehmung (24) ausgebildet ist.

5. Halter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Federteil (34) mit dem Federelement (30) verbunden ist und das Federteil (34) zumindest abschnittsweise weiter zur Anlagefläche (28) vorsteht als das Federelement (30), sodass der Wellenlängenumwandlungskristall (14) bei dessen Anordnung im Halter (12) und der Montage von Federteil (34) und Federelement (30) zunächst an seinen Mantelflächen (64a -d) und anschließend an der zweiten Strahlzugangsfläche (62) fixiert wird.

6. Halter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Federteil (34) mit dem Federelement (30) verbunden ist, wobei Federteil (34) und Federelement (30) durch eine einzige Fixierschraube (32) des Halters (12) fixiert sind.

7. Halter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Federteil (34) einteilig mit dem Federelement (30) ausgebildet ist.

8. Halter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Halter (12) eine Heizpatrone (50a; 50b) und/oder einen Temperatursensor (54) aufweist.

9. Halter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Halter (12) einen Gaseinlass (70a) und einen Gasauslass (70b) aufweist, die jeweils flui-

disch mit der Aufnahme (20) verbunden sind, um die Aufnahme (20) mit einem Gas spülen zu können.

10. Optisches System (10) mit einem Halter (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 und einem Wellenlängenumwandlungskristall (14), der in der Aufnahme (20) fixiert angeordnet ist, in der der Wellenlängenumwandlungskristall (14) durch das Federelement (30) gegen die Anlagefläche (28) gepresst ist.

11. Optisches System nach Anspruch 10, bei dem der Wellenlängenumwandlungskristall (14) klebstofffrei und reversibel lösbar in der Aufnahme (20) angeordnet ist.

12. Optisches System nach Anspruch 10 oder 11, bei dem das optische System (10) einen optischen Resonator (72) mit zumindest zwei Spiegeln (74a; 74b) aufweist.

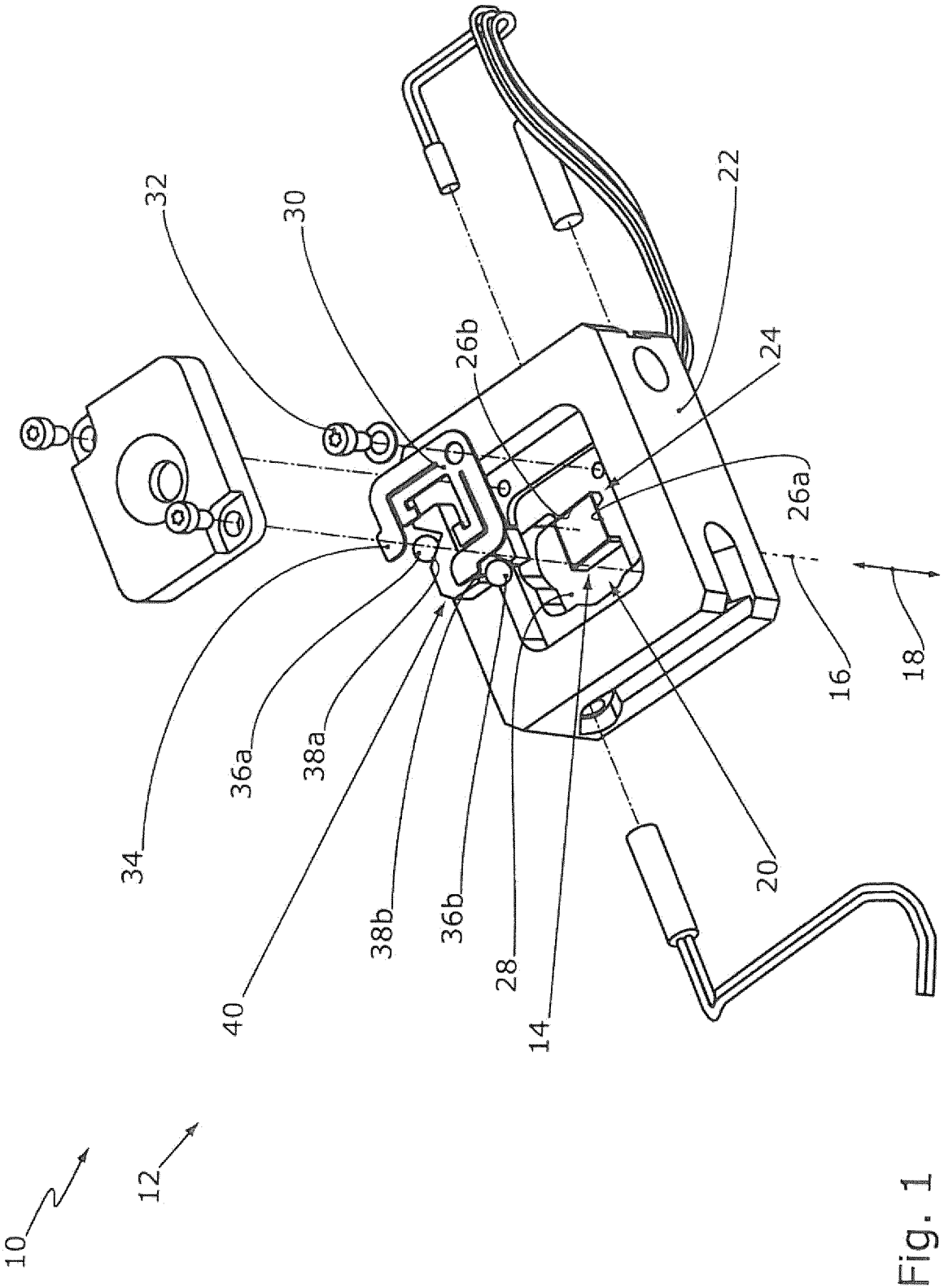

Fig. 1

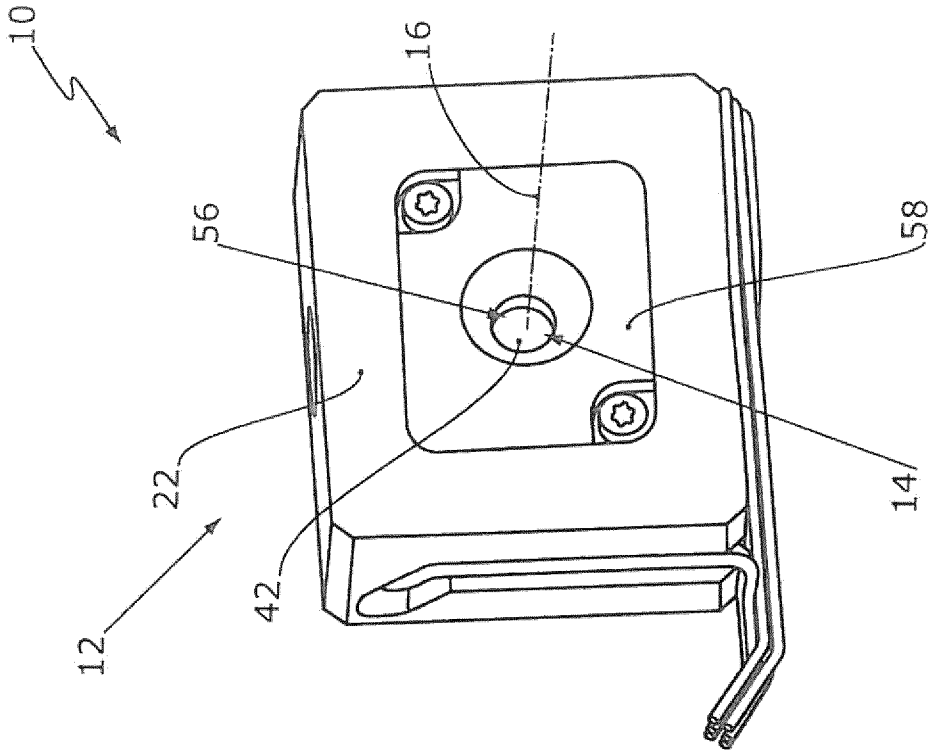
10
16
56
58
22
14
42
12

Fig. 3

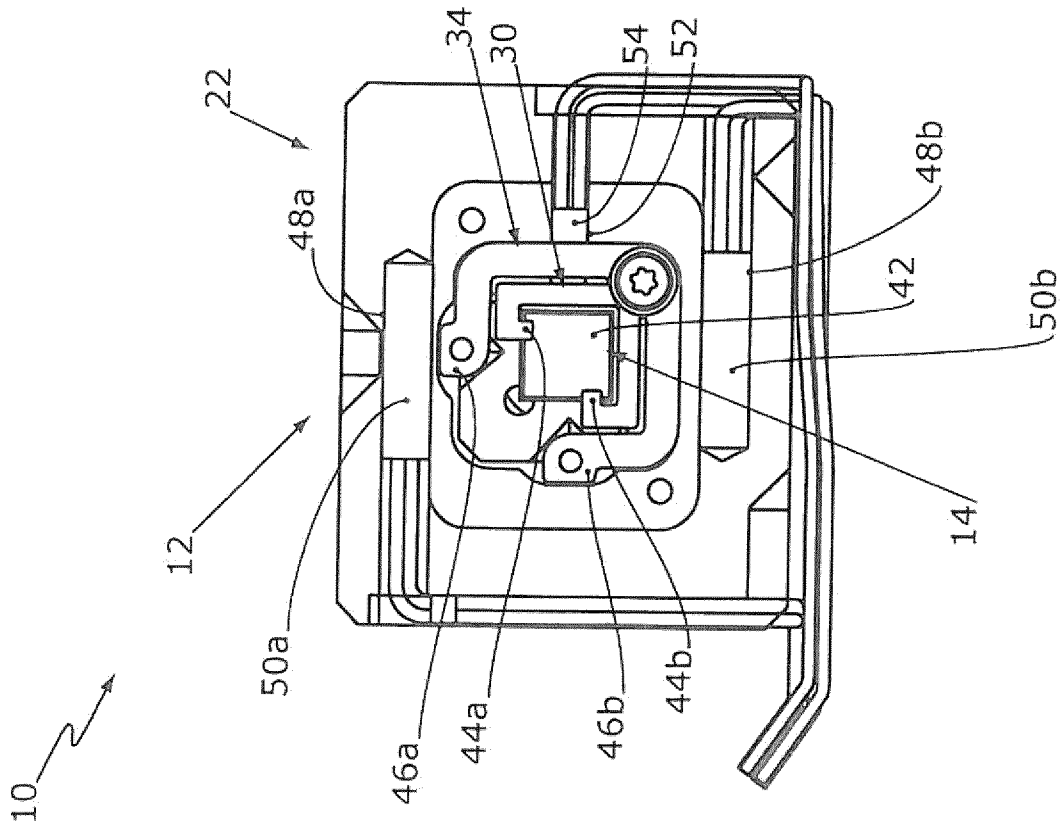
10
22
34
30
54
52
48b
48a
42
50b
12
14
50a
46a
44a
46b
44b

Fig. 2

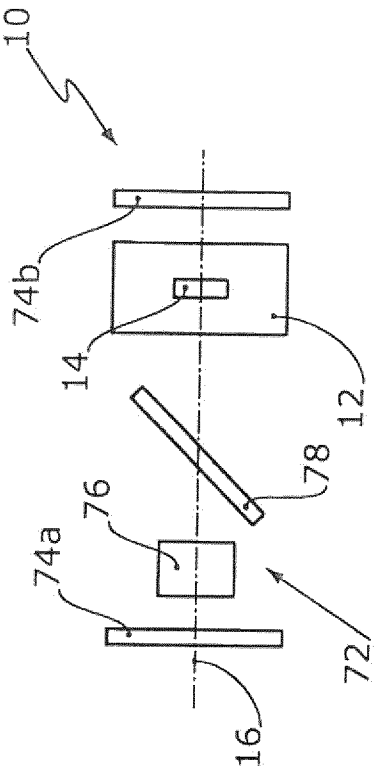

Fig. 5

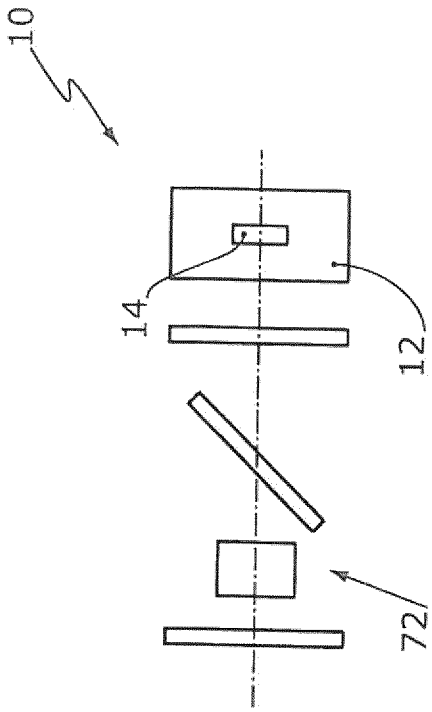

Fig. 6

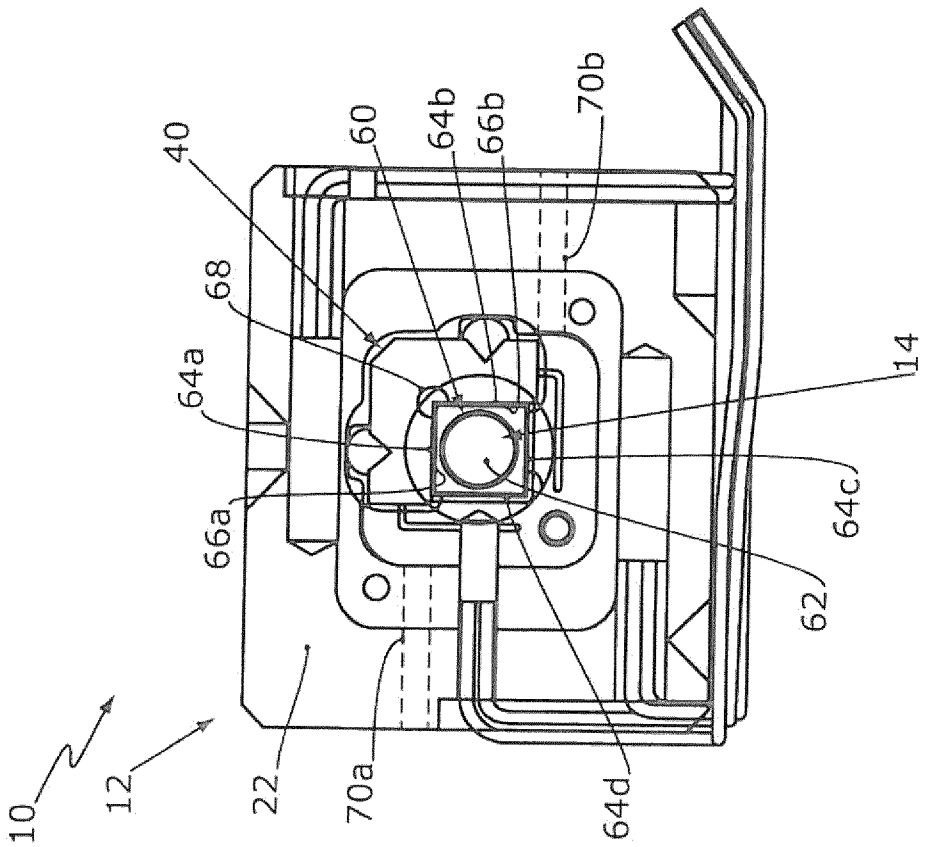

Fig. 4

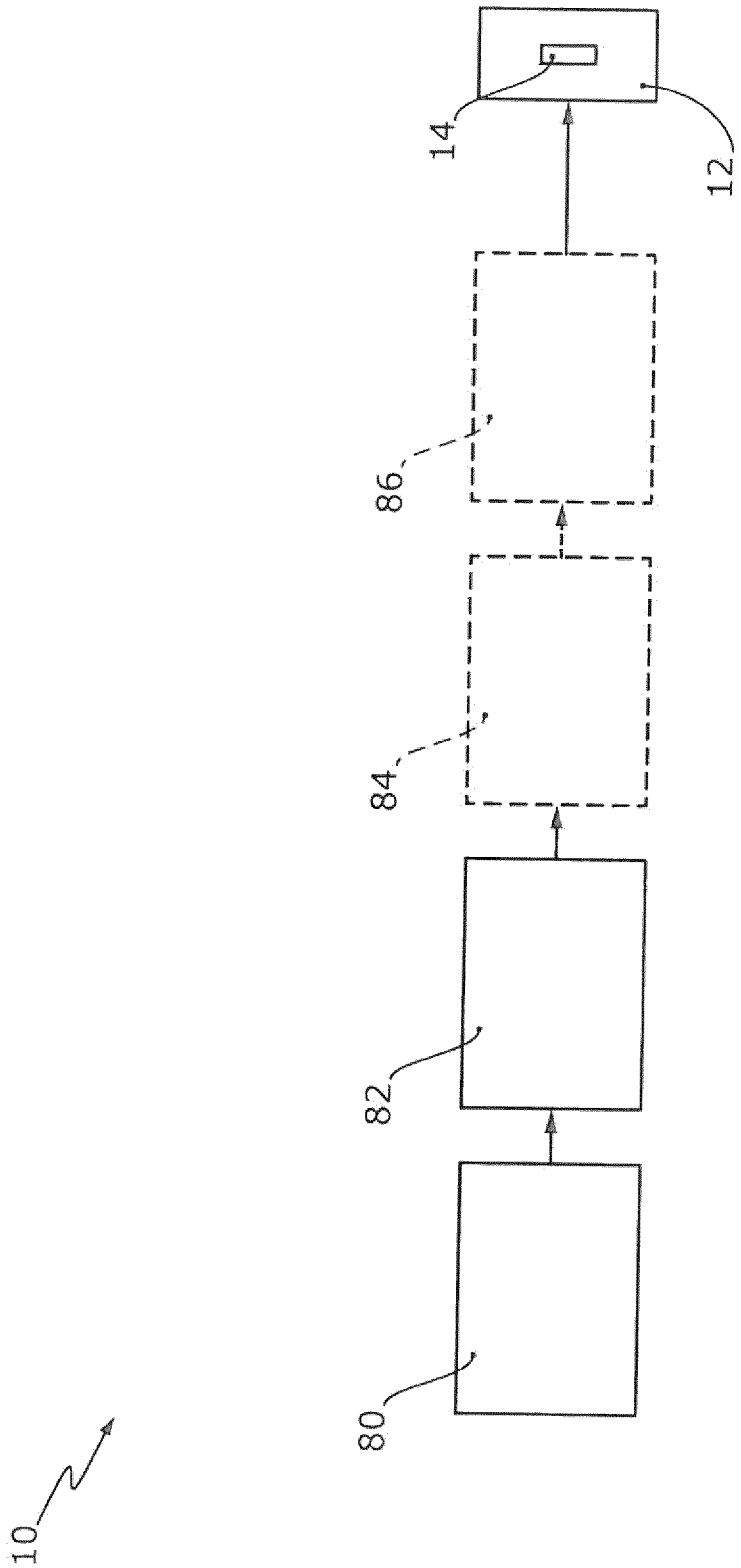

Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/052701

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G02B7/00 G02F1/35 H01S3/00
ADD.

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 G02F H01S

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.
A	US 2012/038973 A1 (MARTINEZ III MANUEL [US] ET AL) 16 February 2012 (2012-02-16) cited in the application paragraphs [0071], [0072]; figures 3A, 3B	1-12
A	US 2002/136247 A1 (IKEDA NAOAKI [JP] ET AL) 26 September 2002 (2002-09-26) cited in the application paragraphs [0038] - [0047]	1-12
A	WO 2015/122854 A2 (OPTOTEK D O O [SI]) 20 August 2015 (2015-08-20) cited in the application pages 4-9	1-12
A	US 2009/296756 A1 (CULLUMBER DAVID [US] ET AL) 3 December 2009 (2009-12-03) paragraph [0034]; figure 1	1-12

☐ 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	Date of mailing of the international search report
31 March 2017	19/04/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Stemmer, Michael

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/052701

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2012038973 A1	16-02-2012	JP 2013543137 A	28-11-2013
		US 2012038973 A1	16-02-2012
		WO 2012021276 A1	16-02-2012
US 2002136247 A1	26-09-2002	EP 1189101 A1	20-03-2002
		JP 3389197 B2	24-03-2003
		JP 2001305592 A	31-10-2001
		US 2002136247 A1	26-09-2002
		WO 0179929 A1	25-10-2001
WO 2015122854 A2	20-08-2015	EP 3105628 A2	21-12-2016
		SI 24642 A	31-08-2015
		WO 2015122854 A2	20-08-2015
US 2009296756 A1	03-12-2009	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/052701

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G02B7/00 G02F1/35 H01S3/00
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G02B G02F H01S

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.
A	US 2012/038973 A1 (MARTINEZ III MANUEL [US] ET AL) 16. Februar 2012 (2012-02-16) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0071], [0072]; Abbildungen 3A, 3B	1-12
A	US 2002/136247 A1 (IKEDA NAOAKI [JP] ET AL) 26. September 2002 (2002-09-26) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0038] - [0047]	1-12
A	WO 2015/122854 A2 (OPTOTEK D O O [SI]) 20. August 2015 (2015-08-20) in der Anmeldung erwähnt Seiten 4-9	1-12
A	US 2009/296756 A1 (CULLUMBER DAVID [US] ET AL) 3. Dezember 2009 (2009-12-03) Absatz [0034]; Abbildung 1	1-12

☐ 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
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
31. März 2017	19/04/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Stemmer, Michael

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/052701

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2012038973 A1	16-02-2012	JP 2013543137 A	28-11-2013
		US 2012038973 A1	16-02-2012
		WO 2012021276 A1	16-02-2012
US 2002136247 A1	26-09-2002	EP 1189101 A1	20-03-2002
		JP 3389197 B2	24-03-2003
		JP 2001305592 A	31-10-2001
		US 2002136247 A1	26-09-2002
		WO 0179929 A1	25-10-2001
WO 2015122854 A2	20-08-2015	EP 3105628 A2	21-12-2016
		SI 24642 A	31-08-2015
		WO 2015122854 A2	20-08-2015
US 2009296756 A1	03-12-2009	KEINE	