(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
1. Mai 2014 (01.05.2014)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/063947 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01S 3/00 (2006.01) *G02B 5/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/071446

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Oktober 2013 (14.10.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 219 635.8
26. Oktober 2012 (26.10.2012) DE

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

(72) Erfinder: **ARMBRUSTER, Bernd**; Ziegeleiweg 5, 78733 Aichhalden-Rötenberg (DE). **WEBER, Markus**; Hohenlohestrasse 5, 78655 Dunningen (DE).

(74) Anwalt: **PATENTANWÄLTE KOHLER SCHMID MÖBUS**; Ruppmannstr. 27, 70565 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, 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, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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)*

(54) Title: DEVICE FOR ABSORBING A LASER BEAM

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG ZUR ABSORPTION EINES LASERSTRAHLS

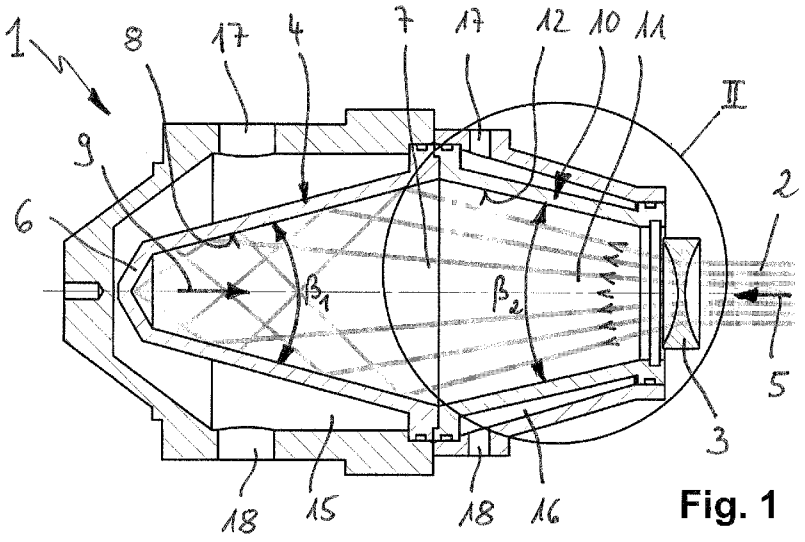


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an absorption device (1) for absorbing an incident laser beam (2), having a scattering lens (3) for widening the incident laser beam (2) and having an absorption body (4), which has an entry opening (7) which tapers in the incident direction (5) of the widened laser beam (2). According to the invention a second absorption body (10) having a passage opening (11) that surrounds the widened laser beam (2), which tapers counter to the incident direction (5) of the laser beam (2), is arranged between the scattering lens (3) and the one, first absorption body (4).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/063947 A1

Bei einer Absorptionsvorrichtung (1) zur Absorption eines einfallenden Laserstrahls (2) mit einer Zerstreuungsoptik (3) zur Aufweitung des einfallenden Laserstrahls (2) und mit einem Absorptionskörper (4), der eine sich in der Einfallsrichtung (5) des aufgeweiteten Laserstrahls (2) verjüngende Eintrittsöffnung (7) aufweist, ist erfindungsgemäß zwischen der Zerstreuungsoptik (3) und dem einen, ersten Absorptionskörper (4) ein zweiter Absorptionskörper (10) mit einer den aufgeweiteten Laserstrahl (2) umgebenden Durchtrittsöffnung (11) angeordnet, die sich entgegen der Einfallsrichtung (5) des Laserstrahls (2) verjüngt.

Vorrichtung zur Absorption eines Laserstrahls

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Absorption eines einfallenden Laserstrahls, mit einer Zerstreuungsoptik zur Aufweitung des einfallenden Laserstrahls und mit einem Absorptionskörper, der eine sich in der Einfallsrichtung des aufgeweiteten Laserstrahls verjüngende Eintrittsöffnung aufweist.

Bekannt sind Absorptionsvorrichtungen, bei denen die Zerstreuungsoptik mit ihrer einen Seite in eine Absorptionsflüssigkeit eingetaucht ist, die den durch die Zerstreuungsoptik aufgeweiteten Laserstrahl absorbiert. Allerdings können bereits geringste Verunreinigungen in der Absorptionsflüssigkeit dazu führen, dass sich die Verunrei-

nigungen in die Zerstreuungsoptik einbrennen und diese mit der Zeit unbrauchbar machen.

Es sind ferner Absorptionsvorrichtungen bekannt, bei denen der Laserstrahl, nachdem er durch die Zerstreuungsoptik aufgeweitet wurde, zur Absorption auf zwei Platten auftrifft, die so zueinander ausgerichtet sind, dass sie einen keilförmigen Hohlraum bzw. eine keilförmige Eintrittsöffnung bilden. Der aufgeweitete Laserstrahl tritt in den keilförmigen Hohlraum ein und wird an den absorbierenden Platten mehrfach reflektiert, wobei bei jeder Reflektion sukzessive ein Großteil der Strahlungsenergie absorbiert wird. Allerdings sind diese Absorptionsvorrichtungen vergleichsweise groß, in der Regel aufwändig zu montieren und insbesondere schwer abzudichten, weswegen sich insgesamt hohe Herstellungskosten ergeben.

Aus der JP2011-82298 Ist ferner eine Absorptionsvorrichtung mit einem als hohler Absorptionskegel ausgebildeten Absorptionskörper bekannt. Der dortigen Zerstreuungsoptik ist eine Diffusionsplatte mit einer Antireflex-Beschichtung oder eine diffraktive Optik vorgeschaltet, sodass der einfallende Laserstrahl bereits vor dem Auftreffen auf die Zerstreuungsoptik beeinflusst, insbesondere im Durchmesser geringfügig vergrößert, wird. Nachdem der Laserstrahl durch die Zerstreuungsoptik weiter aufgeweitet wurde, trifft er durch wiederholtes Reflektieren mehrfach auf die kegelinnenseitige Absorptionsfläche des Absorptionskegels auf. Die durch die Absorption der Strahlungsenergie in dem Absorptionskegel entstehende Wärme wird durch ein Umspülen der Kegelaußenseite mit Wasser abgeführt. Auch diese Absorptionsvorrichtung ist vergleichsweise groß, wodurch ihre Einsetzbarkeit, insbesondere für kompakte Anwendungen, limitiert ist.

Bei den bekannten Absorptionsvorrichtungen, die sich der mehrfachen Reflektion der aufgeweiteten Laserstrahlen an der Kegelinnenoberfläche eines Absorptionskegels oder an den Innenseiten von absorbierenden Platten bedienen, besteht darüber hinaus grundsätzlich die Gefahr, dass - insbesondere bei hohen Laserleistungen - der Laserstrahl gegebenenfalls nicht vollständig absorbiert wird und sich Rückreflektionen einstellen. Bei diesen Rückreflektionen handelt es sich um Laserstrahlung, die entgegen der ursprünglichen Einfallsrichtung des Laserstrahls nach und nach durch mehrfache Reflektion wieder in Richtung der Zerstreuungsoptik (zurück) wandert und

dort gegebenenfalls zu Beschädigungen führen kann oder in unerwünschter Weise aus der Absorptionsvorrichtung austritt.

Es ist demgegenüber die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Absorptionsvorrichtung der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, dass das Risiko von Rückreflektion bzw. Rückstreuung minimiert bzw. verhindert wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zwischen der Zerstreuungsoptik und dem einen, ersten Absorptionskörper ein zweiter Absorptionskörper mit einer den aufgeweiteten Laserstrahl umgebenden Durchtrittsöffnung angeordnet ist, die sich entgegen der (ursprünglichen) Einfallsrichtung des Laserstrahls verjüngt.

Erfindungsgemäß wird von dem ersten Absorptionskörper nicht vollständig absorbierte sondern teilweise rückreflektierte Laserstrahlung von dem zweiten Absorptionskörper vollständig oder zumindest größtenteils absorbiert, sodass keine rückreflektierte Laserstrahlung die Zerstreuungsoptik erreicht oder gar durch sie aus der Absorptionsvorrichtung wieder austritt. Ein entgegen der ursprünglichen Einfallsrichtung des Laserstrahls rückreflektierter Laserstrahl trifft auf die Oberfläche des zweiten Absorptionskörpers auf und wird von dort reflektiert, wobei bei jedem Auftreffen ein bestimmter Anteil der Strahlungsenergie absorbiert wird. Erfindungsgemäß wird somit in vorteilhafter Weise ein Bereich zwischen der Zerstreuungsoptik und dem ersten Absorptionskörper zur Absorption von rückreflektierter Laserstrahlung genutzt. Erfindungsgemäß sind die rückreflektierte Laserstrahlung bzw. die Rückreflexe minimiert, so dass die Absorptionsvorrichtung vorteilhaft kompakter, nämlich in Einfallsrichtung des Laserstrahls kürzer, gebaut werden kann.

Vorzugsweise schließen die Eintrittsöffnung des ersten Absorptionskörpers und die Durchtrittsöffnung des zweiten Absorptionskörpers stufenlos aneinander an, da andernfalls Stufen vorhanden wären, an denen es zu einer ungerichteten Streuung von Laserstrahlung kommen könnte.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind der erste und/oder der zweite Absorptionskörper jeweils als ein hohler Absorptionskegel ausgebildet. Vorzugsweise betragen die Kegelöffnungswinkel des ersten und zweiten Absorptionskegels zwi-

schen 20° und 40° und können vorteilhaft gleich sein. Besonders bevorzugt weist der erste Absorptionskegel eine im Vergleich zu seinem Kegelöffnungswinkel stumpfere Kegelspitze auf, was eine noch kürzere bzw. kompaktere Bauweise der Absorptionsvorrichtung ermöglicht.

Die Absorptionskörper sind bevorzugt aus Kupfer und/oder Aluminium gebildet, welche eine für die Laserwellenlänge hochabsorbierende Schicht aufweisen, sodass ein hoher Anteil der Strahlungsenergie, insbesondere ca. 95% der Strahlungsenergie, bei jedem Auftreffen von Laserstrahlung absorbiert wird. Die hochabsorbierende Schicht, kann z.B. aus Schwarz-chrom, Schwarz-eloxiert, Schwarz-Nickel oder andere bekannte für die Laserwellenlänge hochabsorbierende Materialien bestehen.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale je für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Absorptionsvorrichtung; und

Fig. 2 einen vergrößerten Detailausschnitt gemäß II aus Fig. 1.

Die in **Fig. 1** gezeigte Vorrichtung **1** dient zur Absorption eines einfallenden Laserstrahls **2** und umfasst eine Zerstreuungsoptik **3** zur Aufweitung bzw. Auffächerung des einfallenden Laserstrahls 2 und einen ersten hohlen Absorptionskegel **4**, der sich in der Einfallsrichtung **5** des Laserstrahls 2 verjüngt und eine im Vergleich zum Kegelöffnungswinkel β_1 stumpfere Kegelspitze **6** aufweist. Die Zerstreuungsoptik 3 ist typischerweise eine Zerstreuungslinse, insbesondere eine Bikonkavlinse.

Der aufgeweitete bzw. aufgefächerte Laserstrahl 2 (in Fig. 1 schematisch durch meh-

rere Einzelstrahlen dargestellt) tritt in die Kegelöffnung (Eintrittsöffnung) **7** des ersten Absorptionskegel 4 ein, trifft auf die absorbierende Kegelinnenoberfläche **8** und wird daran mehrfach reflektiert, wobei bei jedem Auftreffen auf die Kegelinnenoberfläche 8 ein bestimmter Anteil der Strahlungsenergie absorbiert wird. Ist die eintretende Strahlungsenergie des Laserstrahls 2 jedoch entsprechend hoch, so ist es möglich, dass sich der Laserstrahl 2 bis zur Kegelspitze 6 ausbreitet und anschließend rückreflektiert wird, d.h. sich entgegen der ursprünglichen Einfallsrichtung 5 des Laserstrahls 2 in Richtung **9** auf die Zerstreuungsoptik 3 ausbreitet.

Um zu minimieren bzw. zu verhindern, dass rückreflektierte Laserstrahlung die Zerstreuungsoptik 3 erreicht oder gar durch sie hindurchtritt und die Absorptionsvorrichtung 1 wieder verlässt, ist zwischen der Zerstreuungsoptik 3 und dem ersten Absorptionskegel 4 ein sich entgegen der Einfallsrichtung 5 verjüngender zweiter hohler Absorptionskegel bzw. -kegelstumpf **10** angeordnet, der den einfallenden aufgeweiteten Laserstrahl 2 umgibt. Der Kegelöffnungswinkel β_2 des zweiten Absorptionskegels 9 ist so groß gewählt, dass der in die Kegelöffnung (Durchtrittsöffnung) **11** des zweiten Absorptionskegels 10 eintretende aufgeweitete Laserstrahl 2 nicht auf die absorbierende Kegelinnenoberfläche **12** trifft. Wie vorliegend können die beiden Kegelöffnungswinkel β_1, β_2 etwa gleich groß sein und ca. 30°±10° betragen. Die beiden Absorptionskegel 4, 10 sind aus Material, wie z.B. aus Kupfer und/oder Aluminium, gebildet und weisen eine für die Laserwellenlänge hochabsorbierende Schicht auf, sodass vorteilhaft bei jedem Auftreffen des Laserstrahls 2 ca. 95 % der Strahlungsenergie absorbiert wird.

Das Wirkprinzip des zweiten Absorptionskegels 9 ergibt sich schematisch aus **Fig. 2**. Ein entgegen der ursprünglichen Einfallsrichtung 5 des Laserstrahls 2 rückreflektierter Einzelstrahl **2a** trifft unter einem Einfallswinkel α_1 bezüglich des Einfalllots **13** auf die absorbierende Kegelinnenoberfläche 12 des zweiten Absorptionskegels 10 und wird unter demselben Ausfallswinkel α_1 an der Kegelinnenoberfläche 12 reflektiert. Sofern nun, wie in Fig. 2 gezeigt, der Einfallswinkel α_1 größer als der halbe Kegelöffnungswinkel β_2 ist, also $\alpha_1 > \frac{1}{2}\beta_2$, weist der reflektierte Einzelstrahl **2b** eine in Richtung zurück auf die Zerstreuungslinse 3 gerichtete Ausbreitungskomponente auf. Der reflektierte Einzelstrahl 2b trifft an gegenüberliegender Stelle erneut auf die absorbierende Kegelinnenoberfläche 12 des zweiten Absorptionskegels 10 unter einem nun

kleineren Einfallswinkel α_2 ($\alpha_2 < \alpha_1$) bezüglich des Einfalllots 13 und wird unter demselben Ausfallswinkel α_2 an der Kegelinnenoberfläche 12 reflektiert. Sofern nun, wie in Fig. 2 gezeigt, der Einfallswinkel α_2 kleiner als der halbe Kegelöffnungswinkel $ß_2$ ist, also $\alpha_2 < ½ß_2$, weist der reflektierte Einzelstrahl **2c** keine in Richtung zurück auf die Zerstreuungslinse 3, sondern nur in Richtung auf den ersten Absorptionskegel 4 gerichtete Ausbreitungskomponente auf. Der Einzelstrahl 2c tritt, gegebenenfalls nach weiteren Reflexionen an der Kegelinnenoberfläche 12 des zweiten Absorptionskegels 10, schließlich wieder in den ersten Absorptionskegel 4 ein. Dabei wird auch bei jedem Auftreffen auf die Kegelinnenoberfläche 12 des zweiten Absorptionskegels 10 ein bestimmter Anteil der Strahlungsenergie absorbiert, bis schließlich die Strahlungsenergie des Laserstrahls 2 vollständig absorbiert ist.

Obwohl in Fig. 2 nur der Strahlengang eines Einzelstrahls 2a-2c gezeigt ist, der sich in einer Radialebene zur optischen Achse **14** ausbreitet, gilt ein analoger Strahlengang auch für alle anderen Einzelstrahlen, die nicht in einer Radialebene verlaufen.

Wie in Fig. 1 gezeigt, schließen die beiden Absorptionskegel 4, 10 mit ihren Kegelinnenoberflächen 8, 12 stufenlos aneinander an. Zur Abführung der durch die Absorption der Strahlungsenergie in den Absorptionskegeln 4, 10 entstehenden Wärme sind die beiden Absorptionskegel 4, 10 jeweils von einem kühlwasserdurchströmten Ringraum **15**, **16** umgeben, der innenseitig durch die Kegelaußenoberflächen der beiden Absorptionskegel 4, 10 begrenzt ist. Die Kühlwasserzuleitungen und -ableitungen der Ringräume 15, 16 sind jeweils mit **17** und **18** bezeichnet.

Anstatt wie gezeigt durch Absorptionskegel können die beiden Absorptionskörper jeweils auch durch zwei Platten gebildet sein, die so zueinander ausgerichtet sind, dass sie eine keilförmige Eintrittsöffnung bilden. Die keilförmige Eintrittsöffnung des einen, ersten Absorptionskörpers verjüngt sich in der Einfallsrichtung des aufgeweiteten Laserstrahls, und die keilförmige Eintrittsöffnung des zwischen der Zerstreuungsoptik und dem ersten Absorptionskörper angeordneten anderen, zweiten Absorptionskörpers umgibt den aufgeweiteten Laserstrahl und verjüngt sich entgegen der Einfallsrichtung des Laserstrahls.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Absorption eines einfallenden Laserstrahls (2), mit einer Zerstreuungsoptik (3) zur Aufweitung des einfallenden Laserstrahls (2) und mit einem Absorptionskörper (4), der eine sich in der Einfallsrichtung (5) des aufgeweiteten Laserstrahls (2) verjüngende Eintrittsöffnung (7) aufweist,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass zwischen der Zerstreuungsoptik (3) und dem einen, ersten Absorptionskörper (4) ein zweiter Absorptionskörper (10) mit einer den aufgeweiteten Laserstrahl (2) umgebenden Durchtrittsöffnung (11) angeordnet ist, die sich entgegen der Einfallsrichtung (5) des Laserstrahls (2) verjüngt.

2. Absorptionsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Durchtrittsöffnung (11) des zweiten Absorptionskörpers (10) kontinuierlich verjüngt.

3. Absorptionsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Eintrittsöffnung (7) des ersten Absorptionskörpers (4) und die Durchtrittsöffnung (11) des zweiten Absorptionskörpers (10) stufenlos aneinander anschließen.

4. Absorptionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und/oder der zweite Absorptionskörper jeweils als ein Absorptionskegel (4, 10) ausgebildet sind.

5. Absorptionsvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Kegelöffnungswinkel (β_2) des zweiten Absorptionskegels (10) zwischen 20° und 40° beträgt.

6. Absorptionsvorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Kegelöffnungswinkel (β_1) des ersten Absorptionskegels (4) zwischen 20° und 40° beträgt.

7. Absorptionsvorrichtung nach Anspruch 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kegelöffnungswinkel (β_1, $ß_2$) des ersten und des zweiten Absorptionskegels (4, 10) gleich groß sind.

8. Absorptionsvorrichtung nach Anspruch 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Absorptionskegel (4) eine im Vergleich zu seinem Kegelöffnungswinkel (β_1) stumpfere Kegelspitze (7) aufweist.

9. Absorptionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Absorptionskörper (4, 10) aus Kupfer und/oder Aluminium gebildet sind.

10. Absorptionsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Absorptionskörper (4, 10) eine für die Laserwellenlänge hochabsorbierende Schicht aufweist.

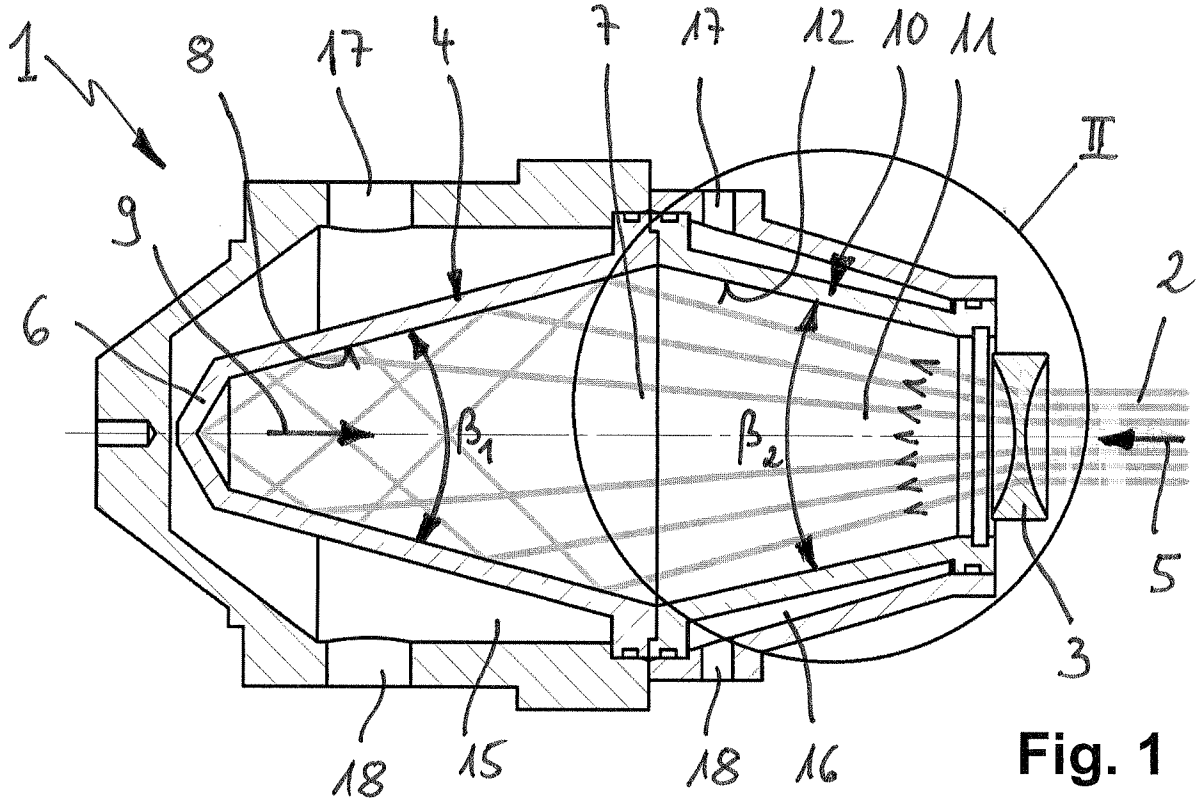

1
8
17
4
7
17
12
10
11
II
9
6
2
β_1
β_2
5
3
18
15
18
16

Fig. 1

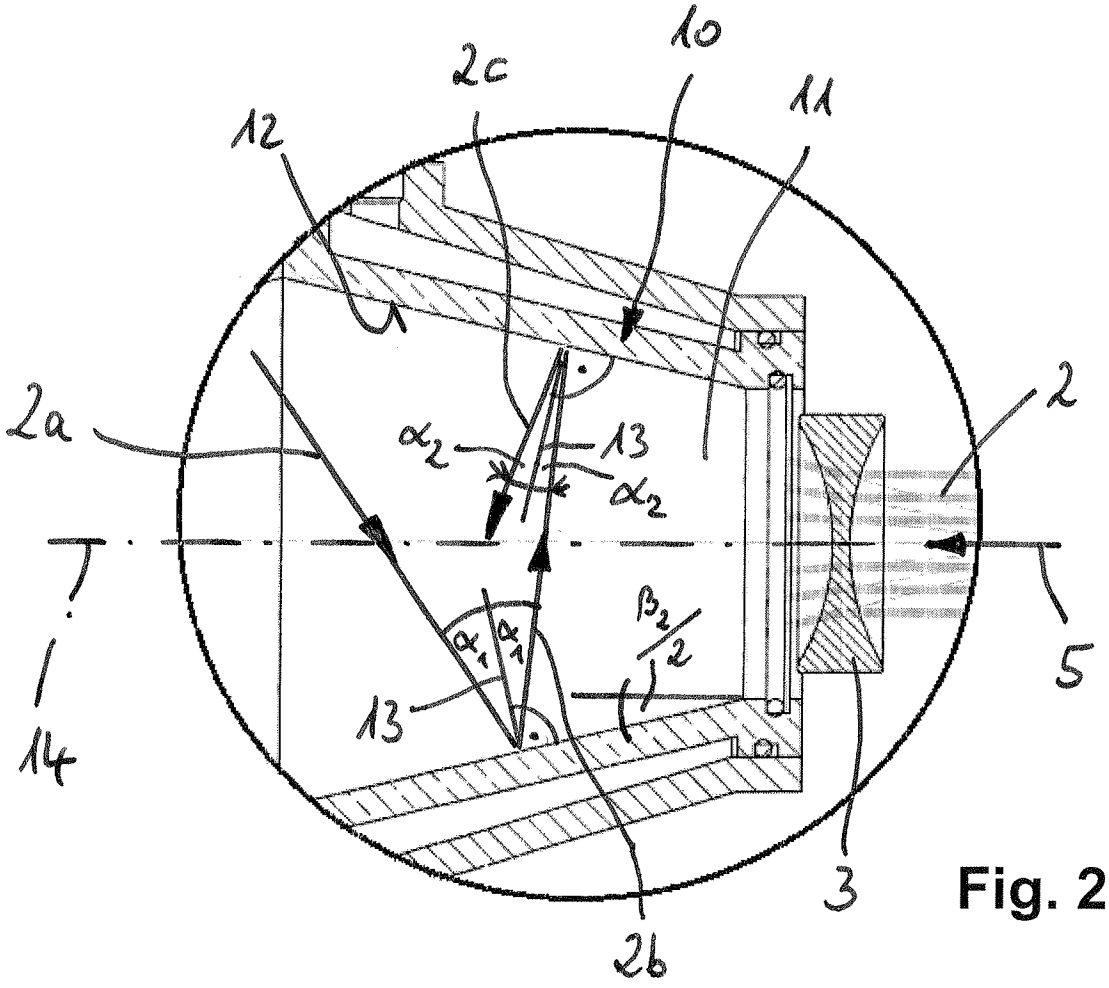

10
2c
11
12
2a
2
α_2
13
α_2
α_1
α_1
$\frac{\beta_2}{2}$
5
13
14
3
2b

Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/071446

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01S3/00 G02B5/00
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)
H01S 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, COMPENDEX, INSPEC, 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,P	EP 2 602 645 A1 (AGENCY DEFENSE DEV [KR]) 12 June 2013 (2013-06-12) paragraphs [0016] - [0038]; figures 2-5	1-4
X	US 2003/210465 A1 (VALENTI THOMAS J [US]) 13 November 2003 (2003-11-13)	1-5,8-10
Y	paragraphs [0020] - [0028]; figures 2-4	1-10
X	US 2008/089382 A1 (EIGLER LYNNE C [US] ET AL) 17 April 2008 (2008-04-17)	1-3,9,10
Y	paragraphs [0015] - [0020]; figures 1,2	1-3,9,10
Y	JP 2011 082298 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 21 April 2011 (2011-04-21) cited in the application abstract	1-10

☐ 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
8 January 2014	17/01/2014

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	Laenen, Robert

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/071446

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2602645 A1	12-06-2013	EP 2602645 A1	12-06-2013
		KR 101139776 B1	26-04-2012
US 2003210465 A1	13-11-2003	NONE	
US 2008089382 A1	17-04-2008	US 2008089382 A1	17-04-2008
		US 2010175454 A1	15-07-2010
JP 2011082298 A	21-04-2011	JP 5146436 B2	20-02-2013
		JP 2011082298 A	21-04-2011

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/071446

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01S3/00 G02B5/00
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01S 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, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X,P	EP 2 602 645 A1 (AGENCY DEFENSE DEV [KR]) 12. Juni 2013 (2013-06-12) Absätze [0016] - [0038]; Abbildungen 2-5	1-4
X	US 2003/210465 A1 (VALENTI THOMAS J [US]) 13. November 2003 (2003-11-13)	1-5,8-10
Y	Absätze [0020] - [0028]; Abbildungen 2-4	1-10
X	US 2008/089382 A1 (EIGLER LYNNE C [US] ET AL) 17. April 2008 (2008-04-17)	1-3,9,10
Y	Absätze [0015] - [0020]; Abbildungen 1,2	1-3,9,10
Y	JP 2011 082298 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 21. April 2011 (2011-04-21) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung	1-10

☐ 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
8. Januar 2014	17/01/2014

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	Laenen, Robert

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/071446

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2602645 A1	12-06-2013	EP 2602645 A1	12-06-2013
		KR 101139776 B1	26-04-2012
US 2003210465 A1	13-11-2003	KEINE	
US 2008089382 A1	17-04-2008	US 2008089382 A1	17-04-2008
		US 2010175454 A1	15-07-2010
JP 2011082298 A	21-04-2011	JP 5146436 B2	20-02-2013
		JP 2011082298 A	21-04-2011