

(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
18. Juli 2019 (18.07.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/137643 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01S 3/789 (2006.01) G01S 17/89 (2006.01)
F41H 13/00 (2006.01) G06T 7/00 (2017.01)
G01S 17/66 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/077379

(22) Internationales Anmeldedatum:
09. Oktober 2018 (09.10.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 100 417.6
10. Januar 2018 (10.01.2018) DE

(71) Anmelder: **RHEINMETALL WAFFE MUNITION
GMBH** [DE/DE]; Heinrich-Ehrhardt-Str. 2, 29345 Unter-
lüß (DE).

(72) Erfinder: **LUDEWIGT, Klaus**; Am Langberg 117d,
21033 Hamburg (DE).

(74) Anwalt: **DIETRICH, Barbara**; THUL PATENTAN-
WALTSGESELLSCHAFT MBH, Rheinmetall Platz 1,
40476 Düsseldorf (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, 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,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE OPTICAL TARGET TRACKING OF A TARGET OBJECT WHICH CAN BE
IRRADIATED WITH A HIGH-ENERGY LASER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR OPTISCHEN ZIELVERFOLGUNG VON MIT EINEM
HOCHENERGIELASER BESTRAHLBAREM ZIELOBJEKT

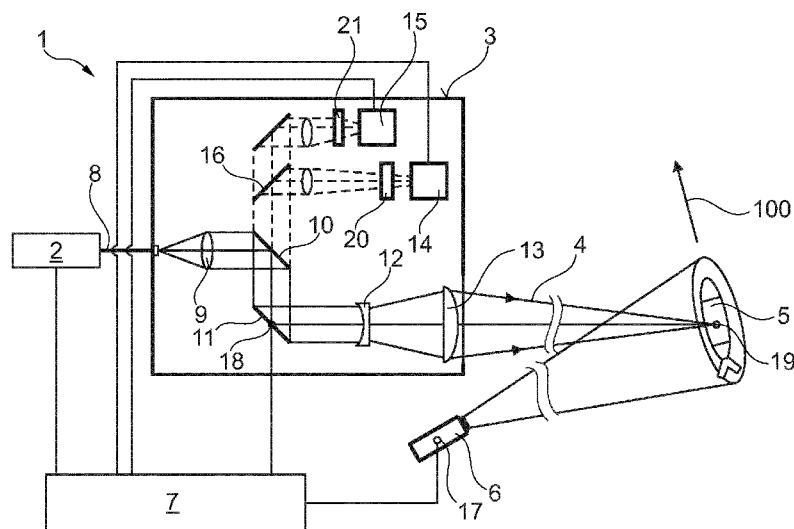


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method and a device (1) for the optical target tracking of a target object (5) which can be irradiated with a high-energy laser (2), the target object (5) being illuminated with an illumination laser (6). In order to make it possible to precisely align the laser beam (4) of the high-energy laser (2) with the target object (5) even if flames and/or smoke triggered by the laser beam (4) develop on the target object (5) or said object is self-luminous (interference), the invention proposes differential image determination. To this end, two camera images of the target object (5) are synchronously captured and stored with the same exposure time in different wavelength ranges, in each case using a separate camera (14, 15), the first wavelength range being selected such that



WO 2019/137643 A1

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, 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)

the radiation of the illumination laser (6) can be measured. The second wavelength range is slightly offset from the first wavelength range such that the interference caused by the irradiation with the high-energy laser (2) is measured instead of the radiation of the illumination laser (6) itself. If the second camera image is now electronically subtracted from the first camera image, a differential image is produced comprising a target object freed from the interference.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung (1) zur optischen Zielverfolgung von mit einem Hochenergielaser (2) bestrahlbarem Zielobjekt (5), wobei das Zielobjekt (5) mit einem Beleuchtungslaser (6) beleuchtet wird. Um eine präzise Ausrichtung des Laserstrahles (4) des Hochenergielasers (2) auf dem Zielobjekt (5) auch dann zu ermöglichen, wenn auf dem Zielobjekt (5) eine durch den Laserstrahl (4) ausgelöste Flammen- und / oder Rauchentwicklung oder ein Eigenleuchten (Störung) auftritt, schlägt die Erfindung eine Differenzbilddermittlung vor. Hierzu werden zeitlich synchron und mit gleicher Belichtungszeit zwei Kamerabilder des Zielobjektes (5) in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen mit jeweils einer separaten Kamera (14, 15) aufgenommen und gespeichert, wobei der erste Wellenlängenbereich derart gewählt wird, dass die Strahlung des Beleuchtungslasers (6) messbar ist. Der zweite Wellenlängenbereich ist gegenüber dem ersten Wellenlängenbereich etwas verschoben, derart, dass zwar nicht die Strahlung des Beleuchtungslasers (6) selbst aber die durch die Bestrahlung mit dem Hochenergielaser (2) verursachte Störung gemessen wird. Wird nun das zweite Kamerabild von dem ersten Kamerabild elektronisch subtrahiert, entsteht ein Differenzbild mit einem von der Störung befreiten Zielobjekt.

B E S C H R E I B U N G

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR OPTISCHEN ZIELVERFOLGUNG VON MIT EINEM HOCHENERGIELASER BESTRAHLBAREM ZIELOBJEKT

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur optischen Zielverfolgung von mit einem Hochenergielaser bestrahlbarem Zielobjekt, wobei das Zielobjekt mit einem Beleuchtungslaser beleuchtet wird.

Bei Laserwaffen wird der Laserstrahl eines Hochenergielasers (Wirklasers) üblicherweise durch ein optisches Trackingverfahren auf ein Zielobjekt ausgerichtet. Dabei wird in der Regel mit einer Abbildungsoptik ein Bild des Zielobjektes auf einer Kamera erzeugt. Durch eine entsprechende Software wird die räumliche Lage des Zielobjektes bestimmt und der Laserstrahl auf das Zielobjekt ausgerichtet. Die Ausrichtung des Laserstrahles erfolgt mechanisch durch die Bewegung einer Trägerplattform oder optisch z.B. durch die gesteuerte Bewegung eines Ablenkspiegel.

Für schnell bewegte Zielobjekte läuft die Regelschleife während entsprechend kurzer Zeitabschnitte, d.h. mit einer angepasst hohen Taktrate, ab, wobei die Bildaufnahmefrequenzen bis in den kHz Bereich liegen können.

Hochenergielaser verwendende Laserwaffen besitzen eine hohe Präzision, so dass eine genaue Strahlausrichtung besonders wichtig ist. Insbesondere kann bei ausgedehnten Zielobjekten der Laserstrahl auf einen definierten Objektpunkt, der besonders verwundbar ist, ausgerichtet werden. Der Beleuchtungslaser besitzt üblicherweise einen größeren Strahlkegel als der Wirklaser und wird ebenfalls in Richtung des Zielobjektes ausgerichtet.

Ist der Laserstrahl des Wirklasers exakt auf das Zielobjekt ausgerichtet und wirkt auf dieses, kommt es oftmals zu einer starken Flammen- und / oder Rauchentwicklung des Zielobjektes. Ebenso erwärmt sich das Material des Zielobjektes durch die Laserbestrahlung,

so dass das Zielobjekt thermische Strahlung aussendet oder optische Strahlung durch chemische Reaktionen erzeugt wird. Durch diese Effekte tritt eine starke Störung des Kamerabildes auf, da das Zielobjekt mindestens teilweise durch Flammen und Rauch verdeckt wird und im Auswertebereich des Bildes sehr helle Bereiche entstehen (Flamme, Eigenleuchten), die die Auswertung verfälschen. Eine weitere präzise Ausrichtung des Laserstrahles des Wirklasers auf das Zielobjekt ist dann nicht mehr möglich (Trackverlust).

Aus der DE 32 30 068 C2 ist ein Verfahren zur genauen Positionierung des Laserstrahles eines Wirklasers bekannt. Dabei wird die jeweilige Winkellage der vom Zielobjekt reflektierten Laserstrahlung als auch die Winkellage der thermischen Strahlung, welche die vom Laserstrahl getroffene und erwärmte Stelle des Zielobjektes aussendet, gemessen und durch einen Vergleich dieser beiden Winkellagen ein Ablagesignal gewonnen, welches dann den Wirklaser nachsteuert und damit dessen Laserstrahl auf die erwärmte Stelle des Zielobjektes gerichtet hält.

Mit diesem Verfahren ist allerdings eine nachträgliche genaue Positionierung des Wirklasers auf einen neuen Zielpunkt des Zielobjektes -etwa weil der zunächst bestrahlte Zielpunkt falsch gewählt wurde- nur schwer realisierbar, weil das Zielobjekt durch die Flammen und den Rauch des bereits erwärmten Zielobjektbereiches mindestens teilweise optisch verdeckt wird oder auch thermische Strahlung von anderen Stellen als dem Zielpunkt ausgesendet wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben mit dem der Einfluss von Störungen reduziert bzw. unterdrückt wird, so dass eine präzise Ausrichtung des Laserstrahles des Wirklasers auf dem Zielobjekt auch dann möglich ist, wenn auf dem Zielobjekt eine durch den Laserstrahl ausgelöste Flammen- und / oder Rauchentwicklung oder ein Eigenleuchten auftritt. Ferner soll eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens angegeben werden.

Diese Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens durch die Merkmale des Anspruchs 1 und hinsichtlich der Vorrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 4 gelöst. Weitere, besonders vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung offenbaren die Unteransprüche.

Die Erfindung beruht im Wesentlichen auf dem Gedanken, den Einfluss der Störungen durch Flammen, Rauchentwicklung und/oder Eigenleuchten auf eine genaue Positionierung des Laserstrahles des Wirklasers durch eine spezielle Bildaufnahmetechnik zu unterdrücken oder deutlich zu reduzieren. Dazu wird aus zwei Kameraaufnahmen des Zielobjektes ein Differenzbild ermittelt, in dem die Störungen nicht auftreten. Dieses Bild wird dann zur Lagebestimmung des Objektes benutzt und wird zur Nachführung des Laserstrahles herangezogen.

Zur Differenzbildermittlung werden zeitlich synchron und mit gleicher Belichtungszeit zwei Bilder des Zielobjektes in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen mit jeweils einer separaten Kamera aufgenommen und gespeichert, wobei der erste Wellenlängenbereich derart gewählt wird, dass die Strahlung des Beleuchtungslasers messbar ist. Das entsprechende Kamerabild gibt dann das von der Störung überlagerte Zielobjekt wieder. Der zweite Wellenlängenbereich ist gegenüber dem ersten Wellenlängenbereich etwas verschoben, derart, dass zwar nicht die Strahlung des Beleuchtungslasers selbst, aber die durch die Bestrahlung mit dem Hochenergielaser verursachte Strahlung durch Flammenbildung und/oder Eigenleuchten des Oberflächenmaterials des Zielobjektes (Störung) gemessen wird. Dieses Kamerabild enthält also nur die Störung. Wird nun das zweite Kamerabild von dem ersten Kamerabild elektronisch subtrahiert, entsteht ein Differenzbild mit einem von der Störung befreiten Zielobjekt.

Das Differenzbild wird dann hinsichtlich der Position des Zielobjektes ausgewertet und die Richtung des Laserstrahles geregelt. Anschließend startet die Bildaufnahme in der vorstehend beschriebenen Weise erneut.

Vorgeschlagen werden somit ein Verfahren und eine Vorrichtung zur optischen Zielverfolgung von mit einem Hochenergielaser bestrahlbarem Zielobjekt wobei das Zielobjekt mit einem Beleuchtungslaser beleuchtet wird. Um eine präzise Ausrichtung des Laserstrahles des Hochenergielasers auf dem Zielobjekt auch dann zu ermöglichen, wenn auf dem Zielobjekt eine durch den Laserstrahl ausgelöste Flammen- und / oder Rauchentwicklung oder ein Eigenleuchten (Störung) auftritt, schlägt die Erfindung eine Differenzbildermittlung vor. Hierzu werden zeitlich synchron und mit gleicher Belichtungszeit zwei Kamerabilder des Zielobjektes in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen mit jeweils einer separaten Kamera aufgenommen und gespeichert. Der erste Wellenlängenbereich wird derart gewählt, dass die Strahlung des Beleuchtungslasers messbar ist. Der zweite Wellenlän-

genbereich ist gegenüber dem ersten Wellenlängenbereich etwas verschoben, derart, dass zwar nicht die Strahlung des Beleuchtungslasers selbst aber eine durch die Bestrahlung mit dem Hochenergielaser verursachte Störung gemessen wird. Wird nun das zweite Kamerabild von dem ersten Kamerabild elektronisch subtrahiert, entsteht ein Differenzbild mit einem von der Störung befreiten Zielobjekt. Der Vorteil liegt u.a. darin, dass auch Störungen, die durch andere Lichtquellen verursacht werden, wie etwa Sonnenstrahlung und Reflexe der Sonnenstrahlung, unterdrückt werden.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den folgenden, anhand von Figuren erläuterten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Fig.1 die schematische Darstellung einer Vorrichtung (Laseranordnung) zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit Wirklaser, Strahlführungssystem, Beleuchtungslaser, Kameras und Rechner;

Fig.2 das mit einer ersten Kamera aufgenommene Bild eines Zielobjektes, bei dem der Wellenlängenbereich derart gewählt ist, dass das Licht des Beleuchtungslasers messbar ist;

Fig.3 das zeitlich gleichzeitig mit einer zweiten Kamera aufgenommene Bild, bei dem der Wellenlängenbereich derart gewählt ist, dass nur die Störung sichtbar ist;

Fig.4 das aus der Differenz der Kamerabilder gem. Fig.2 und 3 sich ergebende Kamerabild des Zielobjektes.

In Fig.1 ist mit 1 eine Laseranordnung bezeichnet, die einen Hochenergielaser 2 (Waffen- oder Wirklaser), wenigstens ein dem Wirklaser 2 nachgeschaltetes Strahlführungssystem 3 zur Fokussierung des Laserstrahls 4 des Wirklasers 2 auf ein sich bewegendes Zielobjekt 5, einen Beleuchtungslaser 6 und einen elektronischen Rechner 7 umfasst. Die Laseranordnung kann auf einer nicht näher dargestellten Trägerplattform angeordnet sein.

Das Strahlführungssystem 3, auch Strahlungsführungsmodul genannt, kann als optische Elemente neben Linsen auch Spiegel umfassen.

Der Wirklaser 2 ist über ein Glasfaserkabel 8 mit dem Strahlführungssystem 3 verbunden. Letzteres besteht im Wesentlichen aus einer Kollimationslinse 9, einem ersten Umlenkspiegel 10 und einem schwenkbaren zweiten Umlenkspiegel 11 sowie zwei Teleskoplinsen 12 und 13.

Außerdem sind dem Strahlführungssystem 3 zwei Kameras 14, 15 zugeordnet, wobei eine Bildaufnahme des Zielobjektes 5 bei beiden Kameras 14, 15 unter Benutzung des gleichen Strahlweges (gleiche optische Achse) erfolgt. Hierzu sind der erste Umlenkspiegel 10 sowie ein weiterer Umlenkspiegel 16 als dichroitische Strahlenteiler ausgebildet, die also eine wellenlängenabhängige Reflexion bzw. Transmission besitzen.

Das Zielobjekt 5 wird ständig mit Hilfe des Beleuchtungslasers 6 beleuchtet, wobei dieser dem sich bewegenden Zielobjekt 5 ebenfalls nachführbar ist und hierzu beispielsweise mit einem entsprechenden Antrieb 17 verbunden ist.

Sowohl der Wirklaser 2 und der Beleuchtungslaser 6 als auch die Kameras 14, 15, ein Antrieb 18 für den schwenkbaren Spiegel 11 und der Antrieb 17 für den Beleuchtungslaser 6 sind über entsprechende elektrische Leitungen mit dem Rechner 7 verbunden. Für die grobe Verfolgung des Zielobjekts 5 wird zudem die Trägerplattform dem Zielobjekt 5 nachgeführt.

Zur wellenlängenabhängigen Aufnahme der beiden Bilder des Zielobjektes 5 mit den beiden Kameras 14 und 15 sind diesen entsprechend schmalbandige optische Filter 20, 21 mit unterschiedlichen Transmissionseigenschaften vorgeschaltet.

Vor der ersten Kamera 14 befindet sich ein schmalbandiges Filter 20, das die Wellenlänge des Beleuchtungslasers 6 gut transmittiert. Das entsprechende Kamerabild enthält das durch den Beleuchtungslaser 6 erzeugte Bild überlagert mit den Störungen (Flamme, Eigenleuchten), die im Spektralbereich des optischen Filters 20 liegen.

Vor der zweiten Kamera 15 befindet sich ein optisches Filter 21, welches den Beleuchtungslaser nicht transmittiert, aber das Licht der Störungen in einem leicht versetzten Spektralbereich bei gleicher spektraler Breite wie das Filter 20 hat.

Die Zentralwellenlänge des optischen Filters 20 der ersten Kamera 14 entspricht der Wellenlänge des Beleuchtungslasers 6. Die Zentralwellenlänge des optischen Filters 21 vor der zweiten Kamera kann größer oder kleiner sein als die Zentralwellenlänge des optischen Filters 20 der ersten Kamera 14. Der Wellenlängenabstand ist frei wählbar. Die Wellenlänge des Beleuchtungslasers 6 kann im sichtbaren oder nahen Infrarotbereich liegen. Daran angepasst sind Filter und Kameras.

Der dichroitische Spiegel 16 wird so ausgeführt, dass der Spiegel 16 die erste Wellenlänge reflektiert (für die Kamera 14) und die zweite Wellenlänge transmittiert (für die Kamera 15).

Nachfolgend wird mit Hilfe der Fig. 2 bis 4 auf die Funktionsweise der Laseranordnung 1 eingegangen. Dabei wird angenommen, dass sich das Zielobjekt 5 in Richtung des mit 100 bezeichneten Richtungspfeiles bewegt.

Wird von dem Beleuchtungslaser 6 das Zielobjekt 5 erfasst, so wertet der Rechner 7 die entsprechenden Signale der beiden Kameras 14, 15 aus. Dabei liefert die Kamera 14 das in Fig.2 dargestellte Kamerabild 22 eines von der Störung 23 teilweise verdeckten Zielobjektes 5. Hingegen liefert die Kamera 15 das in Fig.3 wiedergegebene Kamerabild 24 der Störung 23 ohne Zielobjekt 5.

Werden nun die Daten des Kamerabildes 24 von den Daten des ersten Kamerabildes 22 mit Hilfe des Rechners 7 elektronisch subtrahiert, so ergibt sich ein Differenzbild 25 mit einem von der Störung 20 befreiten Zielobjekt 5 (Fig.4).

Anhand des Differenzbildes 25 kann der Laserstrahl 4 nun präzise auf den Zielpunkt 19 ausgerichtet werden.

Anschließend startet die Bildaufnahme in der vorstehend beschriebenen Weise erneut.

Vorzugsweise werden für die Erzeugung der Kamerabilder die gleichen Abbildungslinsen verwendet, so dass die Bildgrößen gleich sind und die Differenzbildung direkt ein eindeutiges Bild liefert. Ebenso ist es vorteilhaft Kameras gleichen Typs, d.h. mit gleicher Sensorgröße, mit gleicher Empfindlichkeit usw. einzusetzen. Zur Steigerung der Qualität des Differenzbildes 25 können Mittel der Bildverarbeitung eingesetzt werden, um z.B. Unter-

schieder in der Bildgröße oder Signalstärker auszugleichen. Derartige Bildverarbeitungen sind hinlänglich bekannt.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel betrug die Beleuchtungslaserwellenlänge 980nm. Das optische Filter 20 wurde daher derart gewählt, dass die Zentralwellenlänge ebenfalls 980nm und die spektrale Transmissionsbreite 10nm betragen. Das optische Filter 21 besaß hingegen eine Zentralwellenlänge von 970nm und eine spektrale Transmissionsbreite von ebenfalls 10nm. Der dichroitische Strahlenteiler 16 besitzt in diesem Fall seine spektrale Kante bei 975nm.

Die Optiken für die Bilderzeugung auf den Kameras 14, 15 können unabhängig vom Strahlenführungssystem 3 und eigenständige Optiken sein.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Vorrichtung, Laseranordnung
2	Hochenergielaser, Wirklaser
3	Strahlführungssystem
4	Laserstrahl
5	Zielobjekt
6	Beleuchtungslaser
7	Rechner
8	Glasfaserkabel
9	Kollimationslinse
10	erste Umlenkspiegel
11	zweite Umlenkspiegel
12,13	Teleskoplinsen
14	erste Kamera
15	zweite Kamera
16	Umlenkspiegel
17	Antrieb
18	Antrieb
19	Zielpunkt
20, 21	optische Filter
22	Kamerabild
23	Störung
24	Kamerabild
25	Differenzbild
100	Richtungspfeil

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur optischen Zielverfolgung von mit einem Hochenergielaser (2) bestrahlbarem Zielobjekt (5), wobei das Zielobjekt (5) mit einem Beleuchtungslaser (6) beleuchtet wird, **dadurch gekennzeichnet**,
dass zeitlich synchron und mit gleicher Belichtungszeit zwei Kamerabilder (22, 24) des Zielobjektes (5) in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen mit jeweils einer separaten Kamera (14, 15) aufgenommen und gespeichert werden, wobei der erste Wellenlängenbereich derart gewählt wird, dass die Strahlung des Beleuchtungslasers (6) gemessen wird, und dass der zweite Wellenlängenbereich gegenüber dem ersten Wellenlängenbereich etwas verschoben gewählt wird, derart, dass zwar nicht die Strahlung des Beleuchtungslasers (6) selbst, aber die durch die Bestrahlung mit dem Hochenergielaser (2) verursachte Störung (23) gemessen wird;
dass anschließend die beiden gespeicherten Kamerabilder (22, 24) mittels eines Rechners (7) elektronisch subtrahiert werden, so dass sich ein Differenzbild (25) ergibt, welches Störungen (23), die sich durch die Bestrahlung des Zielobjektes (5) mit dem Laserstrahl (4) ergeben, nicht oder kaum wahrnehmbar enthält, und
dass die Daten des Differenzbildes (25) hinsichtlich der jeweiligen Zielposition ausgewertet und zur Bestimmung der Richtung des Laserstrahles (4) des Hochenergielasers (2) herangezogen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zentralwellenlänge eines optischen Filters (20) einer ersten Kamera (14) der Wellenlänge des Beleuchtungslasers (6) entspricht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zentralwellenlänge eines optischen Filters (21) vor einer zweiten Kamera (15) größer oder kleiner sein kann als die Zentralwellenlänge eines optischen Filters (20) einer ersten Kamera (14).

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Beleuchtung des Zielobjektes (5) Licht der Wellenlänge 980nm verwendet wird, dass der mit der ersten Kamera (14) empfangene Wellenlängenbereich eine Zentralwellenlänge von 980nm und eine spektrale Transmissionsbreite von 10nm aufweist und dass der mit der zweiten Kamera (15) empfangene zweite Wellenlängenbereich eine Zentralwellenlänge von 970nm und eine spektrale Transmissionsbreite von ebenfalls 10nm aufweist.
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**,
dass mindestens ein Teil der Mittel (10-13) des zur Strahlführung des Laserstrahles (4) des Hochenergielasers (2) benötigten Strahlführungssystems (3) derart angeordnet sind, dass sie ebenfalls als Abbildungsoptiken für die beiden Kameras (14, 15) dienen, so dass von den beiden Kameras (14, 15) Lichtstrahlen empfangen werden, welche den gleichen Strahlenweg zwischen dem Strahlführungssystem (3) und dem Zielobjekt (5) durchlaufen, wie der Laserstrahl (4) des Hochenergielasers (2) und dass zur wellenlängenabhängigen Aufnahme der beiden Kamerabilder (22, 24) den beiden Kameras (14, 15) entsprechende schmalbandige optische Filter (20, 21) vorgeschaltet sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optischen Filter (20, 21) jeweils eine spektrale Transmissionsbreite von $\leq 10\text{nm}$ aufweisen.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass Mittel der Bildverarbeitung eingesetzt werden können, um die Qualität des Differenzbildes (25) zu erhöhen.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Strahlführungssystem (3) als optische Elemente neben Linsen auch Spiegel eingesetzt werden können.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Optiken für die Kameras (14, 15) unabhängig vom Strahlführungssystem (3) sein können.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Optiken der Kameras (14,1 15) eigenständige Optiken sein können.
11. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zur Unterdrückung von Störungen, die durch andere Lichtquellen hervorgerufen werden.

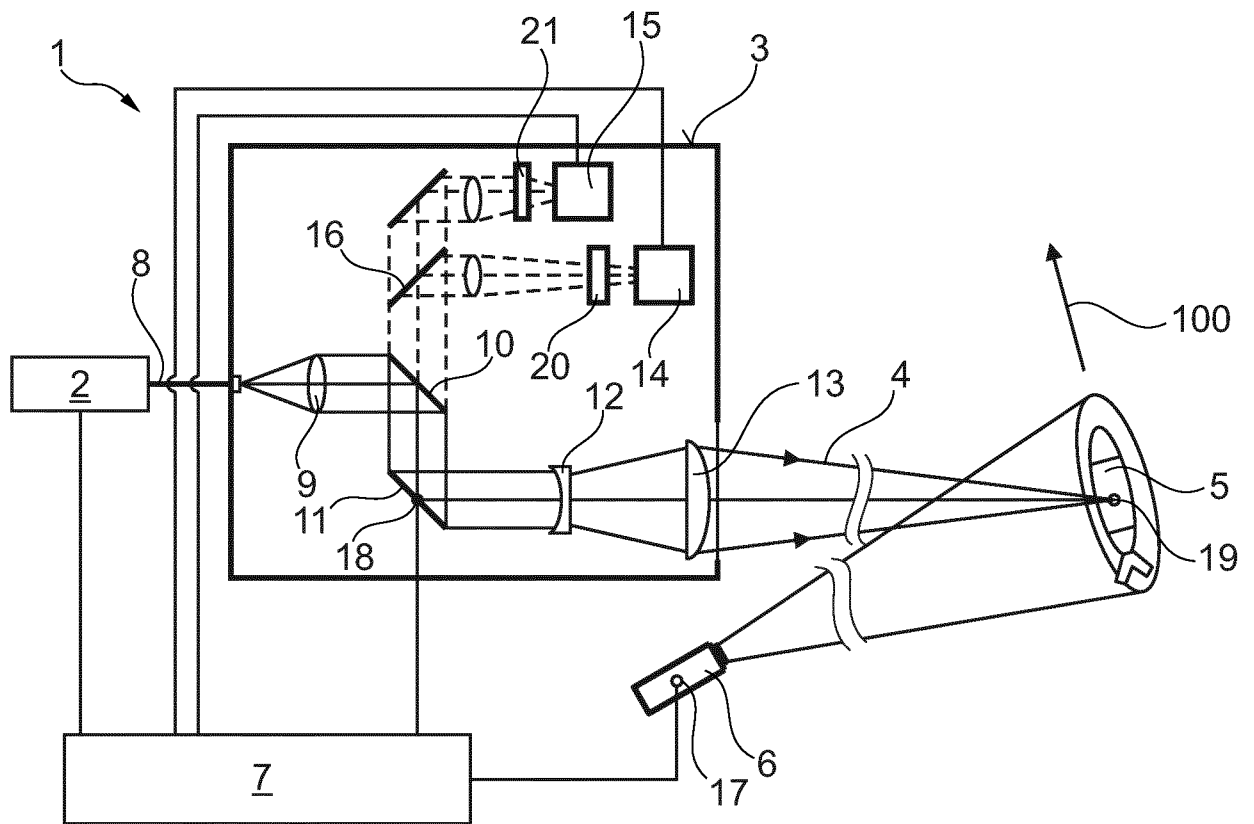


Fig. 1

2/2

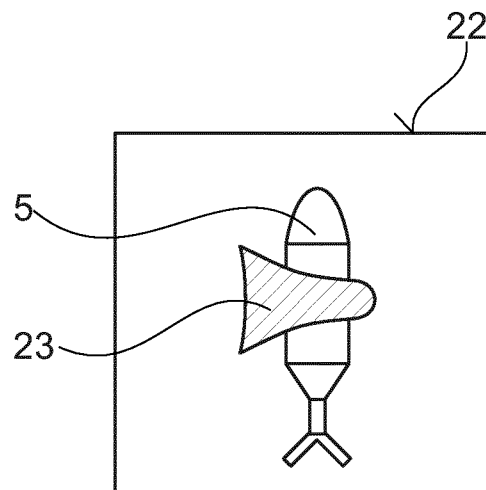


Fig. 2

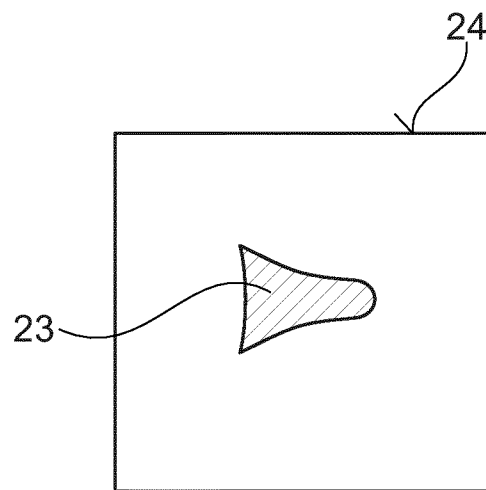


Fig. 3

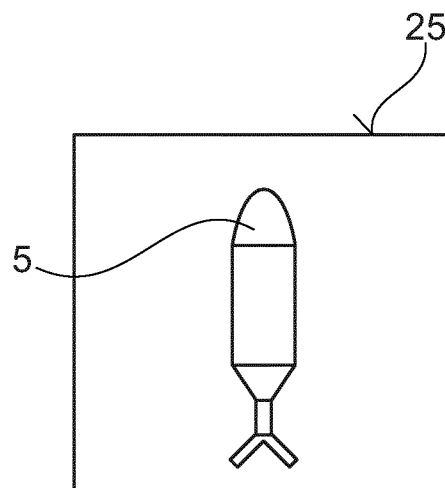


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/077379**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01S 3/789**(2006.01)i; **F41H 13/00**(2006.01)i; **G01S 17/66**(2006.01)i; **G01S 17/89**(2006.01)i; **G06T 7/00**(2017.01)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)

G01S; F42D; F41H; G06T

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.
Y	US 6343766 B1 (LIVINGSTON PETER M [US]) 05 February 2002 (2002-02-05) column 4, line 63 - column 9, line 30; figures 1A, 2A, 3-6	1-11
Y	DE 102015010276 A1 (MBDA DEUTSCHLAND GMBH [DE]) 23 June 2016 (2016-06-23) paragraph [0039] - paragraph [0048]; figure 1	1-11
Y	EP 1273928 A1 (LEICA GEOSYSTEMS AG [CH]) 08 January 2003 (2003-01-08) paragraph [0039] - paragraph [0047]; figure 1 paragraph [0088] - paragraph [0095]; figure 6	1-11
A	US 2017219693 A1 (CHOINIERE MICHAEL J [US] ET AL) 03 August 2017 (2017-08-03) paragraph [0082] - paragraph [0087]; claim 3 paragraph [0067] - paragraph [0076]; figure 3	1-11
A	EP 0911646 A2 (TRW INC [US]) 28 April 1999 (1999-04-28) paragraph [0021] - paragraph [0023]; figure 3	3
A	DE 3202432 A1 (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM [DE]) 04 August 1983 (1983-08-04) column 4, line 7 - column 5, line 25; figure 1	1-11



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

20 December 2018

Date of mailing of the international search report

07 January 2019

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

Kaleve, Abraham

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/077379

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	6343766	B1	05 February 2002	NONE	
DE	102015010276	A1	23 June 2016	DE 102015010276 A1	23 June 2016
				SG 10201510079W A	28 July 2016
				US 2016178332 A1	23 June 2016
EP	1273928	A1	08 January 2003	AT 520992 T	15 September 2011
				CA 2451782 A1	16 January 2003
				CN 1539084 A	20 October 2004
				EP 1273928 A1	08 January 2003
				EP 1405097 A1	07 April 2004
				JP 4217609 B2	04 February 2009
				JP 2004533627 A	04 November 2004
				NO 336723 B1	26 October 2015
				US 2004208340 A1	21 October 2004
				WO 03005057 A1	16 January 2003
US	2017219693	A1	03 August 2017	NONE	
EP	0911646	A2	28 April 1999	CA 2243689 A1	27 February 1999
				EP 0911646 A2	28 April 1999
				JP 3222837 B2	29 October 2001
				JP H11153399 A	08 June 1999
				US 5918305 A	29 June 1999
DE	3202432	A1	04 August 1983	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV. G01S3/789	F41H13/00	G01S17/66 G01S17/89 G06T7/00
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
G01S F42D F41H G06T		
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.
Y	US 6 343 766 B1 (LIVINGSTON PETER M [US]) 5. Februar 2002 (2002-02-05) Spalte 4, Zeile 63 - Spalte 9, Zeile 30; Abbildungen 1A,2A,3-6	1-11
Y	DE 10 2015 010276 A1 (MBDA DEUTSCHLAND GMBH [DE]) 23. Juni 2016 (2016-06-23) Absatz [0039] - Absatz [0048]; Abbildung 1	1-11
Y	EP 1 273 928 A1 (LEICA GEOSYSTEMS AG [CH]) 8. Januar 2003 (2003-01-08) Absatz [0039] - Absatz [0047]; Abbildung 1 Absatz [0088] - Absatz [0095]; Abbildung 6	1-11
A	US 2017/219693 A1 (CHOINIÈRE MICHAEL J [US] ET AL) 3. August 2017 (2017-08-03) Absatz [0082] - Absatz [0087]; Anspruch 3 Absatz [0067] - Absatz [0076]; Abbildung 3	1-11
	-/-	
☒ 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
20. Dezember 2018		07/01/2019
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 Kaleve, Abraham

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 911 646 A2 (TRW INC [US]) 28. April 1999 (1999-04-28) Absatz [0021] - Absatz [0023]; Abbildung 3 -----	3
A	DE 32 02 432 A1 (MESSERSCHMITT BOELKOW BLOHM [DE]) 4. August 1983 (1983-08-04) Spalte 4, Zeile 7 - Spalte 5, Zeile 25; Abbildung 1 -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/077379

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6343766	B1	05-02-2002	KEINE
DE 102015010276	A1	23-06-2016	DE 102015010276 A1 SG 10201510079W A US 2016178332 A1
EP 1273928	A1	08-01-2003	AT 520992 T CA 2451782 A1 CN 1539084 A EP 1273928 A1 EP 1405097 A1 JP 4217609 B2 JP 2004533627 A NO 336723 B1 US 2004208340 A1 WO 03005057 A1
US 2017219693	A1	03-08-2017	KEINE
EP 0911646	A2	28-04-1999	CA 2243689 A1 EP 0911646 A2 JP 3222837 B2 JP H11153399 A US 5918305 A
DE 3202432	A1	04-08-1983	KEINE