(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
11. Oktober 2018 (11.10.2018)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/184934 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G02B 27/09 (2006.01) *G02B 27/10* (2006.01)
B23K 26/067 (2006.01) *G03F 7/20* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/057895

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. März 2018 (28.03.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 205 889.7
06. April 2017 (06.04.2017) DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder: **KUNZE, Tim**; Unkersdorfer Str. 18, 01157 Dresden (DE). **LASAGNI, Andrés-Fabián**; Weißdornstr. 3, 01723 Grumbach (DE).

(74) Anwalt: **PFENNING, MEINIG & PARTNER MBB**; An der Frauenkirche 20, 01067 Dresden (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,

(54) **Title:** OPTICAL ARRANGEMENT FOR LASER-INTERFERENCE STRUCTURING OF A SPECIMEN

(54) **Bezeichnung:** OPTISCHE ANORDNUNG ZUR LASERINTERFERENZSTRUKTURIERUNG EINER PROBE

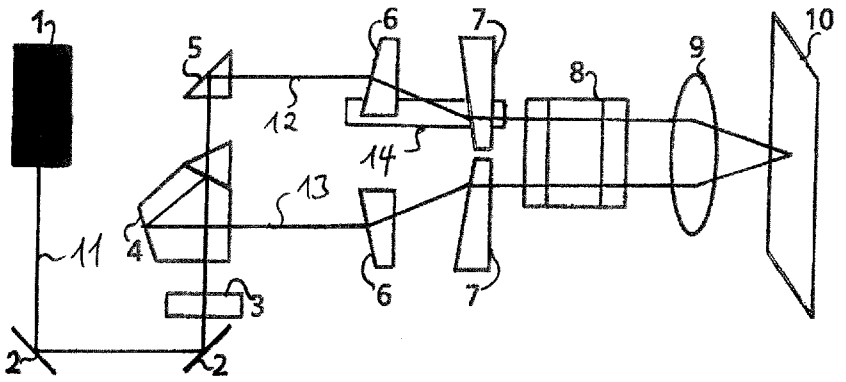


Fig. 1

(57) **Abstract:** The present invention relates to an optical arrangement and a method for laser-interference structuring of a specimen (10). The optical arrangement comprises a laser radiation source (1) for emitting a laser beam (11), a beam splitter element (4), which splits the laser beam (11) into two part beams (12, 13) such that one of the two part beams (12, 13) passes through a longer path within the beam splitter element (4) than the other part beam (12, 13), a deflecting element (5), which deflects one of the two part beams (12, 13) in such a manner that the two part beams (12, 13) run substantially parallel to one another, and a focussing element (9), through which the two substantially parallel-running part beams (12, 13) pass such that the part beams (12, 13) interfere on a surface of the specimen (10).

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft eine optische Anordnung und ein Verfahren zur Laserinterferenzstrukturierung einer Probe (10). Die optische Anordnung weist eine Laserstrahlungsquelle (1) zum Emittieren eines Laserstrahls (11), ein Strahlteilerelement (4), das den Laserstrahl (11) in zwei Teilstrahlen (12, 13) derart aufteilt, dass einer der zwei Teilstrahlen (12, 13) innerhalb des Strahlteilerelements (4) einen längeren Weg durchläuft als der andere Teilstrahl (12, 13), ein Umlenkelement (5), das einen der beiden Teilstrahlen (12, 13) derart umlenkt, dass beide Teilstrahlen (12, 13) im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen, und ein Fokussierelement (9) auf, das die beiden im Wesentlichen parallel zueinander verlaufenden Teilstrahlen (12, 13) durchlaufen, so dass die Teilstrahlen (12, 13) auf einer Oberfläche der Probe (10) interferieren.

WO 2018/184934 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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, 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)*

Optische Anordnung zur Laserinterferenzstrukturierung einer Probe

Die vorliegende Erfindung betrifft eine optische Anordnung zur Laserinterferenzstrukturierung einer Probe.

Deterministische Oberflächenstrukturen lassen sich mittels Laserinterferenzstrukturierung herstellen. Aus dem Stand der Technik bekannte optische Anordnungen zum Erzeugen von Interferenzmustern können durch Spiegelkonfigurationen (wie in DE 10 2011 101 415 A1 beschrieben), eine Anordnung mit zwei Biprismen (wie beispielsweise in DE 10 2011 011 734 A1 offenbart) oder durch eine Kombination von diffraktiven optischen Elementen (DOE) mit einem Biprisma (wie in DE 10 2013 004 869 A1 diskutiert) erreicht werden.

Aufgrund einer starren Spiegelanordnung ist bei Verwenden einer Spiegelkonfiguration jedoch keine flexible Gestaltung der Strukturen möglich. Zudem muss hierbei eine aufwändige Justierung durchgeführt werden und der Lösungsansatz ist nicht kompakt.

Werden zwei Biprismen verwendet, sind keine wohldefinierten Strahlteilungsverhältnisse möglich. Außerdem ist eine Flexibilität des Systems wegen der starren Prismenanordnung eingeschränkt und es können keine kleinen Laserquerschnitte erzeugt werden.

Bei einer DOE-Konfiguration ist schließlich ein hoher Leistungsverlust einer zum Interferieren benötigten Laserstrahlung zu beobachten. Zudem ist ein entsprechender Aufbau kostenintensiv wegen der notwendigen Spezialanfertigungen von DOE und Prisma.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine optische Anordnung und ein Verfahren zum Laserinterferenzstrukturieren vorzuschlagen, mit denen die genannten Nachteile vermieden werden können und somit mit hoher Leistungseffizienz, Flexibilität und Kosteneffizienz eine Strukturierung einer Probe erfolgt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 und ein Verfahren nach Anspruch 10. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

Eine optische Anordnung zur Laserinterferenzstrukturierung einer Probe weist eine Laserstrahlungsquelle, ein Strahlteilerelement, ein Umlenkelement und ein Fokussierelement auf. Ein von der Laserstrahlungsquelle emittierter Laserstrahl trifft auf das Strahlteilerelement, das den Laserstrahl in zwei Teilstrahlen derart aufteilt, dass einer der beiden Teilstrahlen innerhalb des Strahlteilerelements einen längeren Weg durchläuft als der andere Teilstrahl. Durch das Umlenkelement wird einer der beiden Teilstrahlen derart umgelenkt, dass beide Teilstrahlen im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen und auf das Fokussierelement treffen. Die beiden im Wesentlichen parallel zueinander verlaufenden Teilstrahlen durchlaufen das Fokussierelement und werden dabei von dem Fokussierelement derart auf eine Oberfläche der Probe gerichtet, dass die zwei Teilstrahlen auf der Oberfläche der Probe interferieren.

Da durch das Strahlteilerelement, das ein definiertes Strahlteilverhältnis auf-

weist, der ursprüngliche Laserstrahl geteilt wird, ist eine gezielte Einstellung nicht nur der Intensitäten der beiden generierten Teilstrahlen, sondern auch durch passende Wahl der geometrischen Relationen des Strahlteilerelements eine Anpassung des Weglängenunterschieds zwischen beiden Teilstrahlen möglich. Somit ergeben sich definierte Strahlteilungsverhältnisse, ein geringer Leistungsverlust zwischen der Laserstrahlungsquelle und der Oberfläche der Probe, sowie eine kostengünstige und industrietaugliche Ausgestaltung der optischen Anordnung. Der Wegunterschied zwischen den beiden aufgeteilten Teilstrahlen kann durch das Umlenkelement bzw. weitere optische Elemente eingestellt und auch minimiert werden. Zudem kann die optische Anordnung durch passende Ausrichtung flexibel an verschiedene Oberflächenstrukturen angepasst werden. Unter dem Begriff "im Wesentlichen parallel" soll im Rahmen dieser Schrift ein Winkelversatz von zwischen +15° und -15° zwischen den beiden Teilstrahlen, insbesondere aber natürlich kein Winkelversatz, also 0°, verstanden werden. Das Strahlteilerelement ist typischerweise aus einem Werkstoff, bei dem ein Unterschied in der optischen Brechzahl zur Umgebung besteht, wobei die eigentliche Strahlteilung typischerweise an einer Beschichtung innerhalb des Strahlteilerelements stattfindet. Der in das Strahlteilerelement eintretende Laserstrahl tritt also typischerweise von einem Medium mit einer ersten Brechzahl in ein Medium mit einer von der ersten Brechzahl verschiedenen zweiten Brechzahl ein.

Es kann vorgesehen sein, dass in dem Strahlteilerelement mindestens eine Reflexion des Teilstrahls erfolgt, der den längeren Weg in dem Strahlteilerelement zurücklegt. Dies geschieht vorzugsweise an einer Beschichtung des Strahlteilerelements. Hierdurch kann gezielt die Weglänge und somit ein Wegunterschied beeinflusst werden. Die Beschichtung ist hierbei vorzugsweise innerhalb des Strahlteilerelements angeordnet, d. h. nicht auf einer Außenseite des Strahlteilerelements. In besonders bevorzugter Weise wird durch die Beschichtung die Strahlteilung durchgeführt und erst durch die Reflexion der längere Weg des Teilstrahls definiert.

Das Strahlteilerelement ist typischerweise als ein Pentaprismenstrahlteiler oder als ein Strahlteiler mit lateralem Strahlversatz ausgebildet, um den Wegunterschied gezielt beeinflussen zu können. Unter einem "Pentaprismenstrahlteiler" soll hierbei insbesondere eine Kombination eines Pentaprismas

mit einem Keilprisma verstanden werden. Das Keilprisma sitzt vorzugsweise auf der Oberfläche des Pentaprismas auf, an der die Aufteilung in die beiden Teilstrahlen erfolgt.

Das Umlenkelement kann als ein Umlenkprisma oder als ein Umlenkspiegel ausgestaltet sein. Die Verwendung eines Umlenkprismas weist den Vorteil auf, dass somit eine ausschließlich aus Prismen aufgebaute optische Anordnung erreichbar ist.

Vorzugsweise wird der Teilstrahl, der den kürzeren Weg im Strahlteilerelement zurückgelegt hat, an dem Umlenkelement umgelenkt, um eine weitere Beeinflussung des Teilstrahls, der den längeren Weg zurückgelegt hat, zu vermeiden.

Es kann vorgesehen sein, dass ein drehbares Umkehrprisma, vorzugsweise ein Dove-Prisma, von den beiden Teilstrahlen durchlaufen wird, bevor die beiden Teilstrahlen auf dem Fokussierelement auftreffen. Das Umkehrprisma ist somit zwischen dem Strahlteilerelement und dem Fokussierelement angeordnet. Hierdurch können auch rotierbare Oberflächenstrukturen generiert werden.

Mindestens einer der beiden Teilstrahlen durchläuft mindestens ein Prisma, vorzugsweise ein Keilprisma, zum Parallelisieren und bzw. oder Ausrichten der beiden Teilstrahlen. In bevorzugter Weise wird jedoch in symmetrischer Weise eine Kombination von mindestens zwei Prismen verwendet, von denen jeder der Teilstrahlen wenigstens eines der Prismen durchläuft.

Das mindestens eine Prisma ist typischerweise auf einer Verfahreinheit angeordnet und bzw. oder durch die Verfahreinheit bewegbar, um eine resultierende Strukturperiode flexibel einstellen zu können. Vorzugsweise sind sämtliche der Prismen, die zum Parallelisieren der beiden Teilstrahlen oder zum Ausrichten der beiden Teilstrahlen verwendet werden, durch die Verfahreinheit bewegbar. Alternativ oder zusätzlich kann auch das Umlenkelement auf einer Verfahreinheit angeordnet und durch diese verfahrbar sein. Vorzugsweise ist eine Kontrollvorrichtung vorgesehen zum Ansteuern der Verfahreinheit bzw. der Verfahreinheiten.

Der Laserstrahl kann auch auf ein vor dem Strahlteilerelement angeordnetes Strahlformungselement auftreffen und das Strahlformungselement durchlaufen. Somit wird der Laserstrahl vor dem Aufteilen in die beiden Teilstrahlen mit einer definierten Strahlform in das Strahlteilerelement geleitet. Das Strahlformungselement ist typischerweise ein anamorphisches Prisma oder ein Top Hat-Strahlformer.

Das Fokussierelement kann als eine Sammellinse, vorzugsweise eine plankonvexe Sammellinse, oder eine Zylinderlinse ausgebildet sein.

Die Laserstrahlungsquelle ist vorzugsweise dazu eingerichtet, einen gepulsten Laserstrahl mit einer Pulsbreite zwischen 0,1 ps und 100 ns zu emittieren. In besonders bevorzugter Weise beträgt die Pulsbreite 5 ps bis 15 ns.

Bei einem Verfahren zur Laserinterferenzstrukturierung einer Probe wird ein von einer Laserstrahlungsquelle emittierter Laserstrahl mit einem Strahlteilerelement derart in zwei Teilstrahlen aufgeteilt, dass einer der zwei Teilstrahlen innerhalb des Strahlteilerelements einen längeren Weg durchläuft als der andere Teilstrahl. Einer der beiden Teilstrahlen wird durch ein Umlenkelement derart umgelenkt, dass beide Teilstrahlen im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen. Die beiden im Wesentlichen parallel zueinander laufenden Teilstrahlen treffen auf ein Fokussierelement und werden von dem Fokussierelement auf eine Oberfläche der Probe gebündelt bzw. fokussiert, so dass sie auf dieser Probenoberfläche interferieren.

Das beschriebene Verfahren kann mit der beschriebenen Vorrichtung durchgeführt werden, d. h. die beschrieben Vorrichtung ist zum Durchführen des beschriebenen Verfahrens eingerichtet.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachfolgend anhand der Figuren 1 bis 4 erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer optischen Anordnung zum Interfe-

renzstrukturieren mit zwei Teilstrahlen;

Fig. 2 eine Ansicht eines Dove-Prismas,

Fig. 3 eine Draufsicht auf eine optische Anordnung zur Dreistrahlinterferenz und

Fig. 4 eine Figur 1 entsprechende Ansicht der in Figur 3 in Draufsicht gezeigten Anordnung.

In Figur 1 ist in einer schematischen seitlichen Ansicht eine optische Anordnung zur Laserinterferenzstrukturierung einer Probe 10 dargestellt. Ausgehend von einer Laserstrahlungsquelle 1 wird in dem dargestellten Ausführungsbeispiel ein emittierter Laserstrahl 11 über zwei Umlenkspiegel 2 auf einen Pentaprismenstrahlteiler 4 mit definiertem Strahlteilungsverhältnis (beispielsweise 50/50 oder 70/30) gelenkt und es werden zwei Teilstrahlen 12 und 13 generiert. Ein nachgeschaltetes Rechteckprisma 5, das typischerweise von dem Pentaprismenstrahlteiler räumlich beabstandet ist, parallelisiert die beiden Teilstrahlen 12 und 13 zueinander. Der Teilstrahl 13 wird hierbei in dem Pentaprismenstrahlteiler 4 nochmals reflektiert und durchläuft in dem Pentaprismenstrahlteiler 4 eine längere Wegstrecke als der weitere Teilstrahl 12. Dieser Teilstrahl 12 wird wiederum an dem Rechteckprisma 5 als Umlenkelement umgelenkt, so dass zumindest bereichsweise die beiden Teilstrahlen 12 und 13 parallel zueinander geführt sind. In dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist ein Strahlformungselement 3 in Form eines anamorphischen Prismenelements vor dem Pentaprismenstrahlteiler 4 angeordnet, in dem durch Ausprägen eines elongierten elliptischen Laserquerschnitts eine Strahlformung erfolgt.

Durch eine nach dem Pentaprismenstrahlteiler 4 bzw. dem Rechteckprisma 5 angeordnete Kombination aus Keilprismen 6 und 7 kann der Strahlengang und somit auch eine Entfernung der beiden Teilstrahlen 12, 13 zueinander kontrolliert werden. Die damit verbundene Kontrolle des Teilstrahlabstands mittels einer Verfahreinheit 14, auf der im gezeigten Ausführungsbeispiel die oberen der beiden Prismen 6 und 7 angeordnet sind, hat Einfluss auf eine später resultierende Strukturperiode Λ gemäß der Formel

$$\Lambda = \frac{\lambda}{2 \sin \alpha}$$

mit λ als Laserstrahlwellenlänge und α als halbem Überlappwinkel der Teilstrahlen 12, 13. Durch ein nachgeschaltetes Dove-Prisma 8, das zwischen den Keilprismen 6, 7 und einem Fokussierelement 9 in Form einer Fokussierlinse angeordnet ist, können die Teilstrahlen 12, 13 zueinander rotiert werden, so dass eine Drehung einer auf einer Oberfläche der Probe 10 auszubildenden Oberflächenstruktur erreicht werden kann. Durch das Fokussierelement 9 werden die beiden Teilstrahlen 12 und 13 schließlich auf die Probenoberfläche fokussiert und zur Interferenz gebracht.

Figur 2 zeigt eine Rotation der Teilstrahlen 12 und 13 mittels des Dove-Prismas 8 als drehbarem Umlenkprisma. Wiederkehrende Merkmale sind in dieser Figur wie auch in den folgenden Figuren mit identischen Bezugszeichen versehen. Während auf einer linken Seite des Dove-Prismas 8 die beiden Teilstrahlen 12, 13 eintreten, wird dieses Strahlenpaar durch eine Drehung des Dove-Prismas 8 um 10° um seine Längsachse, die parallel zu den beiden Teilstrahlen 12 und 13 verläuft, rotiert, so dass eine Rotation der Teilstrahlen 12, 13 um 20° (gemessen am nicht rotierten Prisma) beim Strahlenaustritt auf der rechten Seite des Dove-Prismas 8 erfolgt.

In Figur 3 ist in einer Draufsicht eine optische Anordnung zur Dreistrahlinterferenz wiedergegeben. Der beschriebene Lösungsansatz beruht auf einer Verwendung spezieller strahlteilender Prismenelement (wie Pentaprismenstrahlteiler, Prismen mit lateralem Strahlversatz usw.) in Kombination mit weiteren Prismen (z. B. Rechteckprismen, rhombische Prismen etc.). Somit lassen sich optische Anordnungen ausgestalten, aus denen mindestens zwei Teilstrahlen 12, 13 resultieren. Weitere Interferenzaufbauten mit mehr als zwei Teilstrahlen lassen sich z. B. aus einer Kombination eines Prismas mit lateralem Strahlversatz, einem Pentaprismenstrahlteiler und zwei Rechteckprismen erzeugen.

Bei der in Figur 3 gezeigten optischen Anordnung wird in Analogie zu dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel von der Laserstrahlungsquelle 1 ein Laserstrahl 11 emittiert und von dem Umlenkspiegel 2 umgelenkt. Nun wird

jedoch ein Prismenteiler 17 mit lateralem Strahlversatz verwendet, der den Laserstrahl 11 in einem Strahlverhältnis 70/30 aufteilt, wobei eine Intensität von 70 Prozent auf den optischen Unterpfad 15 entfallen und die restlichen 30 Prozent auf einen optischen Oberpfad 16.

In Figur 4 ist in einer Figur 1 entsprechenden Darstellung eine seitliche Ansicht dieses Aufbaus gezeigt. Im Gegensatz zu dem Ausführungsbeispiel der Figur 1 sind nun drei Teilstrahlen 12, 13 und 18 vorhanden, deren Distanz (und somit die später resultierende Strukturperiode) zueinander wie gehabt mittels der Keilprismen 6 und 7 kontrolliert wird. Innerhalb jedes Strahlengangs der Teilstrahlen 12, 13 und 18 ist nun noch ein Polarisator 19 angeordnet, es kann aber auch auf die Polarisatoren 19 verzichtet werden oder ein anderes optisches Element eingebaut werden. Die drei Teilstrahlen 12, 13 und 18 werden mittels des Fokussierelements 9 auf der Probenoberfläche zur Interferenz gebracht, so dass ein Interferenzmuster auf der Oberfläche der Probe 10 erzeugt wird. Im Gegensatz zu bekannten Lösungen der Interferenzstrukturierung kann somit auch eine symmetrische Dreistrahlinterferenz erreicht werden. Durch eine additive Kombination aller genannten Prismen lassen sich auch Vierstrahlinterferenzanordnungen oder höhere Interferenzanordnungen erzeugen.

Lediglich in den Ausführungsbeispielen offenbarte Merkmale der verschiedenen Ausführungsformen können miteinander kombiniert und einzeln beansprucht werden.

Patentansprüche

1. Optische Anordnung zur Laserinterferenzstrukturierung einer Probe (10) mit

einer Laserstrahlungsquelle (1) zum Emittieren eines Laserstrahls (11),

einem Strahlteilerelement (4), das den Laserstrahl (11) in zwei Teilstrahlen (12, 13) derart aufteilt, dass einer der zwei Teilstrahlen (12, 13) innerhalb des Strahlteilerelements (4) einen längeren Weg durchläuft als der andere Teilstrahl (12, 13),

einem Umlenkelement (5), das einen der beiden Teilstrahlen (12, 13) derart umlenkt, dass beide Teilstrahlen (12, 13) im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen, und

einem Fokussierelement (9), das die beiden im Wesentlichen parallel zueinander verlaufenden Teilstrahlen (12, 13) durchlaufen, so dass die Teilstrahlen (12, 13) auf einer Oberfläche der Probe (10) interferieren.

2. Optische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Strahlteilerelement (4) mindestens eine Reflexion des Teilstrahls (12, 13), der den längeren Weg zurücklegt, erfolgt.

3. Optische Anordnung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Strahlteilerelement (4) als ein Pentaprismenstrahlteiler oder ein Strahlteilerprisma mit lateralem Strahlversatz ausgebildet ist.

4. Optische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Umlenkelement (5) als ein Umlenkprisma oder als ein Umlenkspiegel ausgebildet ist.

5. Optische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein drehbares Umkehrprisma, insbesondere ein Dove-Prisma (8), das die beiden Teilstrahlen (12, 13) durchlaufen, vor dem Fokussierlement (9) angeordnet ist.

6. Optische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens einer der beiden Teilstrahlen (12, 13) mindestens ein Prisma (6, 7), vorzugsweise ein Keilprisma, zum Ausrichten der beiden Teilstrahlen (12, 13) durchläuft.

7. Optische Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Prisma (6, 7) durch eine Verfahreinheit (14) bewegbar ist.

8. Optische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl (11) auf ein vor dem Strahlteilerelement (4) angeordnetes Strahlformungselement (3), vorzugsweise ein anamorphisches Prisma oder ein Top-Hat-Strahlfomer, angeordnet ist, auftrifft und es durchläuft.

9. Optische Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Fokussierlement (9) als eine Sammellinse oder eine Zylinderlinse ausgebildet ist.

10. Verfahren zur Laserinterferenzstrukturierung einer Probe (10), bei dem ein von einer Laserstrahlungsquelle (1) emittierter Laserstrahl (11) mit einem Strahlteilerelement (4) derart in zwei Teilstrahlen (12, 13) aufgeteilt wird, dass einer der zwei Teilstrahlen (12, 13) innerhalb des Strahlteilerelements (4) einen längeren Weg durchläuft als der andere Teilstrahl (12, 13), und einer der beiden Teilstrahlen (12, 13) durch ein Umlenkelement (5) derart umgelenkt wird, dass beide Teilstrahlen (12, 13) im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen, sowie die beiden im Wesentlichen parallel zueinander verlaufenden Teilstrahlen (12, 13) auf ein Fokussierelement (9) treffen und von dem Fokussierelement (9) auf eine Oberfläche der Probe (10) gelangen, so dass die Teilstrahlen (12, 13) auf der Oberfläche der Probe (10) interferieren.

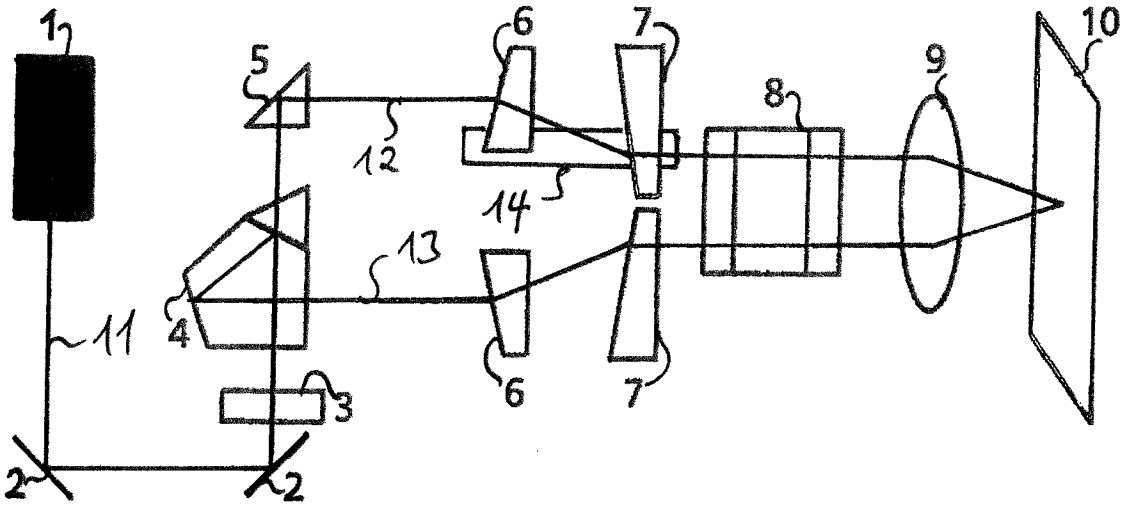

1
5
6
7
10
9
8
12
14
13
11
4
3
6
7
2
2

Fig. 1

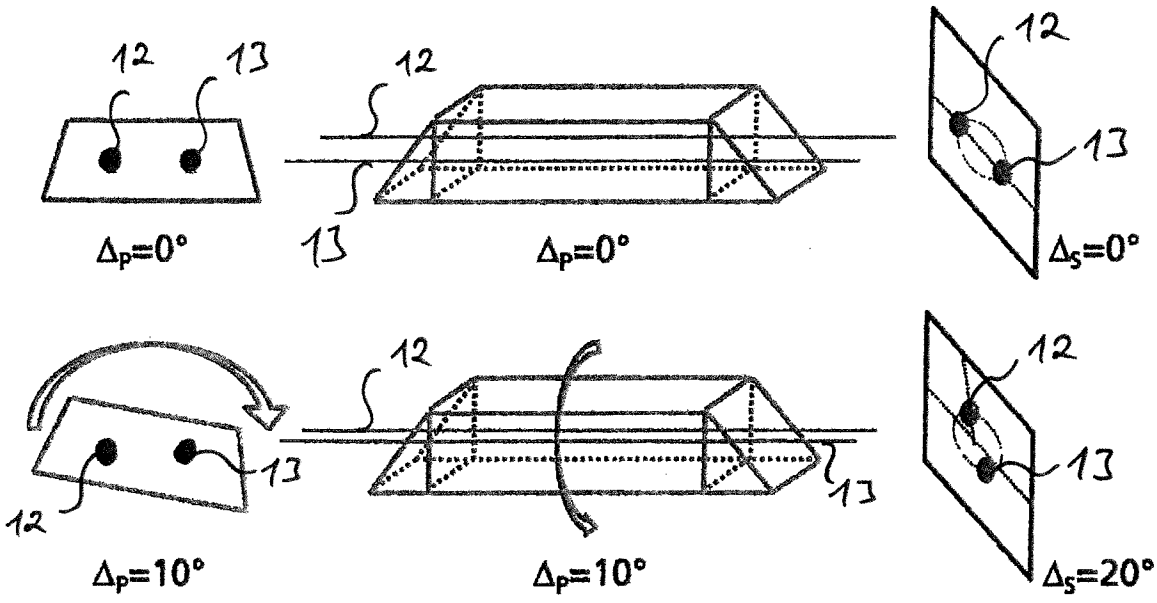

12
13
12
12
13
13
Δp=0°
Δp=0°
Δs=0°
12
13
12
13
13
Δp=10°
Δp=10°
Δs=20°

Fig. 2

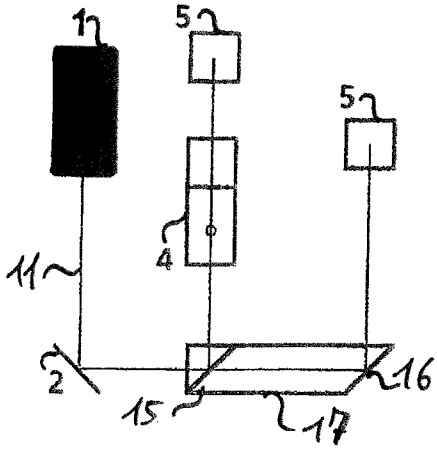


Fig. 3

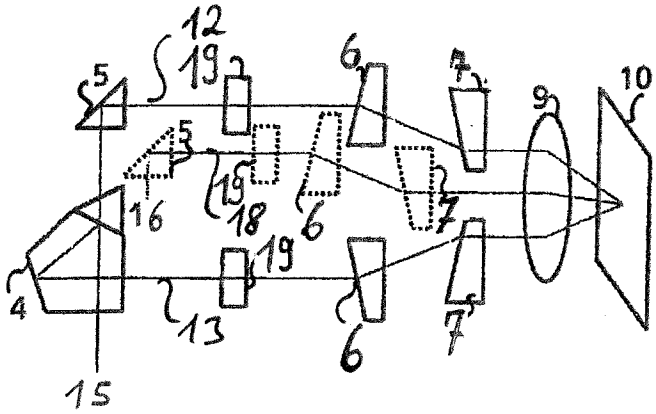


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/057895

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G02B27/09 B23K26/067 G02B27/10 G03F7/20
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 B23K G03F

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 6 169 631 B1 (XUAN JIALUO JACK [US] ET AL) 2 January 2001 (2001-01-02) abstract column 5, line 5 - column 6, line 39 figure 4 -----	1-10
Y	JP 2012 216599 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO LTD) 8 November 2012 (2012-11-08) abstract paragraph [0029] paragraph [0041] figures 5-6 -----	1-10
Y	US 3 749 500 A (CARLSON G ET AL) 31 July 1973 (1973-07-31) column 6, line 14 - column 7, line 21 figure 5 -----	2,3
	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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
2 July 2018	13/07/2018

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	Schenke, Cordt

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP H07 148583 A (OSAKA PREFECTURE; OFIC CO) 13 June 1995 (1995-06-13) abstract paragraph [0023] figure 4	5
A	WO 2004/031686 A1 (RENISHAW PLC [GB]; CHAPMAN MARK ADRIAN VINCENT [GB]; LEE WILLIAM ERNES) 15 April 2004 (2004-04-15) page 13, line 4 - line 20 figures 3, 4	6,7
A	SU 428 346 A1 (A. G. BOLTIANSKII ET AL.) 15 May 1974 (1974-05-15) abstract figures 1, 2	6,7
Y	DE 10 2012 011343 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; UNIV DRESDEN TECH [DE]) 12 December 2013 (2013-12-12) paragraph [0051] - paragraph [0061] figure 1	8

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2018/057895

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6169631 B1	02-01-2001	US 6169631 B1	02-01-2001
		US 6297910 B1	02-10-2001
JP 2012216599 A	08-11-2012	NONE	
US 3749500 A	31-07-1973	NONE	
JP H07148583 A	13-06-1995	NONE	
WO 2004031686 A1	15-04-2004	AU 2003271920 A1	23-04-2004
		CN 1703609 A	30-11-2005
		EP 1546647 A1	29-06-2005
		JP 2006501463 A	12-01-2006
		US 2005225770 A1	13-10-2005
		WO 2004031686 A1	15-04-2004
SU 428346 A1	15-05-1974	NONE	
DE 102012011343 A1	12-12-2013	DE 102012011343 A1	12-12-2013
		WO 2013186179 A2	19-12-2013

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/057895

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G02B27/09 B23K26/067 G02B27/10 G03F7/20
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G02B B23K G03F

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 6 169 631 B1 (XUAN JIALUO JACK [US] ET AL) 2. Januar 2001 (2001-01-02) Zusammenfassung Spalte 5, Zeile 5 - Spalte 6, Zeile 39 Abbildung 4	1-10
Y	JP 2012 216599 A (SUMITOMO OSAKA CEMENT CO LTD) 8. November 2012 (2012-11-08) Zusammenfassung Absatz [0029] Absatz [0041] Abbildungen 5-6	1-10
Y	US 3 749 500 A (CARLSON G ET AL) 31. Juli 1973 (1973-07-31) Spalte 6, Zeile 14 - Spalte 7, Zeile 21 Abbildung 5	2,3

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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
2. Juli 2018	13/07/2018

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	Schenke, Cordt

1

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	JP H07 148583 A (OSAKA PREFECTURE; OFIC CO) 13. Juni 1995 (1995-06-13) Zusammenfassung Absatz [0023] Abbildung 4	5
A	WO 2004/031686 A1 (RENISHAW PLC [GB]; CHAPMAN MARK ADRIAN VINCENT [GB]; LEE WILLIAM ERNES) 15. April 2004 (2004-04-15) Seite 13, Zeile 4 - Zeile 20 Abbildungen 3, 4	6,7
A	SU 428 346 A1 (A. G. BOLTIANSKII ET AL.) 15. Mai 1974 (1974-05-15) Zusammenfassung Abbildungen 1, 2	6,7
Y	DE 10 2012 011343 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; UNIV DRESDEN TECH [DE]) 12. Dezember 2013 (2013-12-12) Absatz [0051] - Absatz [0061] Abbildung 1	8

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/057895

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6169631 B1	02-01-2001	US 6169631 B1	02-01-2001
		US 6297910 B1	02-10-2001
JP 2012216599 A	08-11-2012	KEINE	
US 3749500 A	31-07-1973	KEINE	
JP H07148583 A	13-06-1995	KEINE	
WO 2004031686 A1	15-04-2004	AU 2003271920 A1	23-04-2004
		CN 1703609 A	30-11-2005
		EP 1546647 A1	29-06-2005
		JP 2006501463 A	12-01-2006
		US 2005225770 A1	13-10-2005
		WO 2004031686 A1	15-04-2004
SU 428346 A1	15-05-1974	KEINE	
DE 102012011343 A1	12-12-2013	DE 102012011343 A1	12-12-2013
		WO 2013186179 A2	19-12-2013