

(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. Januar 2001 (18.01.2001)

PCT

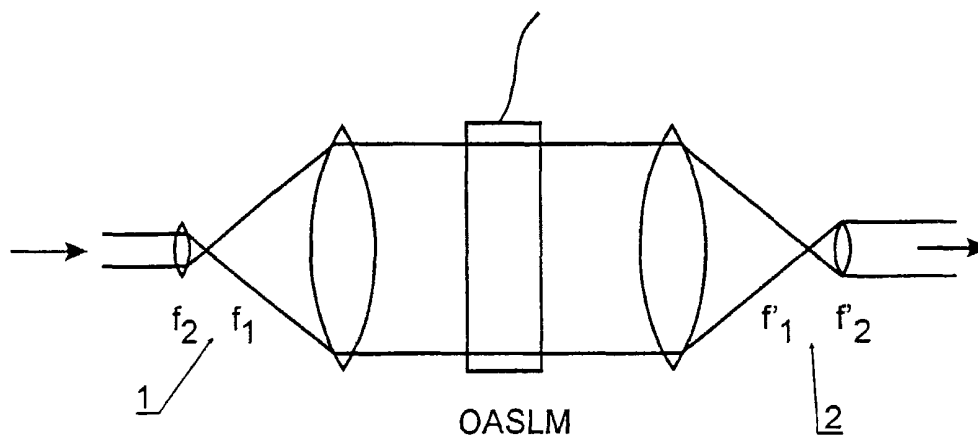
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/04685 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G02B 27/09** (71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DEUTSCHE TELEKOM AG** [DE/DE]; Friedrich-Ebert-Allee 140, D-53113 Bonn (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/05367
- (22) Internationales Anmeldedatum: 10. Juni 2000 (10.06.2000)
- (72) **Erfinder; und**
(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **DULTZ, Wolfgang** [DE/DE]; Marienberger Strasse 37, D-65936 Frankfurt am Main (DE). **BERESNEV, Leonid** [RU/US]; 10730 Faulkner Ridge Circle, Columbia, MD 21044 (US). **HILD, Rosemarie** [DE/DE]; Dr. Rudi Moserstrasse 23, D-99510 Apolda (DE). **HILS, Bernhard** [DE/DE]; Hainerbergweg 49, D-61462 Königstein/Taunus (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 199 31 989.8 9. Juli 1999 (09.07.1999) DE
- (74) **Gemeinsamer Vertreter: DEUTSCHE TELEKOM AG**; Rechtsabteilung (Patente) PA1, D-64307 Darmstadt (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR SHAPING THE INTENSITY PROFILE OF A LASER BEAM

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR FORMUNG DES INTENSITÄTSPROFILS EINES LASERSTRAHLS



WO 01/04685 A1

(57) **Abstract:** The invention relates to a method and to a device for shaping the intensity profile of a laser beam, especially for producing a homogeneous intensity profile. The laser beam impinges on an optically addressable spatial light modulator (OASLM) whose local transmission or reflection properties depend on the local illumination intensity in a non-linear manner. The use of said OASLM provides for a beam shaper that in principle automatically generates an almost rectangular beam profile without any additional external influence, said beam profile being independent of deviations in the initial intensity distribution and being applicable in any laser systems.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Formung des Intensitätsprofils eines Laserstrahls, insbesondere zur Herstellung eines homogenen Intensitätsprofils, wobei der Laserstrahl auf einen optisch adressierbaren ortsauflösenden Lichtmodulator (optical adressable spatial light Modulator, OASLM) trifft, dessen lokale Transmissions- bzw. Reflexionseigenschaften von der lokalen Beleuchtungsintensität in nichtlinearer Weise abhängen. Durch die

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(81) **Bestimmungsstaaten** (*national*): JP, US.

(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— *Mit internationalem Recherchenbericht.*

Verwendung eines derartigen OASLM wird ein Strahlformer geschaffen, der prinzipiell ohne zusätzliche Einflußnahme von außen automatisch ein nahezu rechteckförmiges Strahlprofil erzeugt, welches von Schwankungen in der anfänglichen Intensitätsverteilung unabhängig und für beliebige Lasersysteme einsetzbar ist.

Verfahren und Vorrichtung zur Formung des Intensitätsprofils eines Laserstrahls

Technisches Gebiet:

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Formung des Intensitätsprofils eines Laserstrahls, insbesondere zur Herstellung eines homogenen Intensitätsprofils, sowie die Verwendung eines optisch adressierbaren ortsauflösenden Modulators (optical adressable spatial light modulator, OASLM) zur Formung des Intensitätsprofils eines Laserstrahls.

10

Stand der Technik:

- Die physikalischen Eigenschaften von Laserlicht unterscheiden sich grundlegend von denen herkömmlicher Lichtquellen. Laserlicht ist kohärent und kann als Lichtbündel mit einem geringen, wenn auch endlichen Öffnungswinkel erzeugt werden. Diese enge Bündelung ist für Beleuchtungs- und Abbildungszwecke besonders vorteilhaft, da dabei die Wellenfronten des Laserlichts dem Ideal der ebenen Wellen nahekommen. Sie erlauben damit eine besonders leichte Umwandlung in kugelförmige Wellenfronten und können zur hochauflösenden beugungsbegrenzten Fokussierung herangezogen werden.

20

Ein Nachteil des Laserstrahls ist sein Gaußscher Charakter, der durch die Art der Lichterzeugung im Resonator bedingt ist. Die Intensitätsverteilung des Lichtes quer zum Strahl hat die Form einer Gaußschen Glockenkurve, d. h. in der Mitte des Strahls ist die Intensität maximal und fällt dann zum Rand hin exponentiell ab.

25

- Besonders in der Bildverarbeitung und Projektionstechnik, bei der flächige Bildmasken ausgeleuchtet werden müssen, aber auch in der Interferometrie, ist dies nachteilig, da es hier auf eine möglichst gleichmäßige Ausleuchtung der beleuchteten Fläche ankommt, die bei einem gaußförmigen Intensitätsprofil nicht gegeben ist. Auch in der Materialbearbeitung, beispielsweise der medizinischen Gewebeerhitzung oder beim Laserschweißen, werden gleichmäßige Aufwärmungen über die ganze Breite des Laserstrahls bzw. der beleuchteten Fläche verlangt, die bei einer gaußförmigen Beleuchtung und damit etwa gaußförmigen Energiedeposition nicht erreicht werden. Der Lichtstrahl soll daher für die genannten Anwendungsgebiete ein möglichst rechteckiges Querschnittsprofil haben. Das räumliche Intensitätsprofil soll über eine gewisse Breite homogen, d.h. etwa konstant sein. In der Praxis wird dazu der Strahl

30

35

aufgeweitet und nur mit dem in etwa homogenen inneren Strahlbereich gearbeitet, wobei der Außenbereich ausgeblendet wird. Dies führt jedoch zu hohen Intensitätsverlusten.

- 5 Da das eigentliche Lasersystem, das optische Verstärkungsmedium im Resonator, für den Benutzer nicht zugänglich ist, muß die Strahlformung zu einem Rechteckprofil außerhalb des Lasers erfolgen. Dazu sind optische Filter, sogenannte "Bull-Eye"-Filter, bekannt, welche den Laserstrahl in der Mitte stärker abschwächen als am Rand, so daß der glockenförmige Verlauf des Strahlprofils zu einem nahezu rechteckförmigen Profil abgeflacht wird. Diese Filter bestehen im wesentlichen aus einer transparenten Platte, z.B. einer Glasplatte, welche 10 ortsabhängig mit einem mehr oder weniger spiegelnden Belag, zum Beispiel einem Metall, bedampft ist. Durch geeignete Wahl der ortsabhängigen optischen Dichte bzw. der lokalen Transmissions- und Reflexionseigenschaften wird das gewünschte Strahlprofil erzeugt. Diese Filter sind statisch und können daher nur für einen bestimmten Laser mit einem festen, bekannten Intensitätsprofil verwendet werden. Wenn der Laser sein Profil ändert, z.B. durch Fluktuationen oder Alterungserscheinungen, verändern die Filter das Profil in ungewünschter Form, da sie nicht mehr an die Daten des Lasers angepaßt sind. Bei den 15 reflektierenden Filtern dieser Art besteht außerdem der Nachteil, daß das ungleichmäßig reflektierte Laserlicht auf den Laser rückwirkt und seine Stabilität beeinträchtigen kann. Anstelle der reflektierenden Filter ist des weiteren die Verwendung holografischer Filter zur Strahlformung bekannt (I. Gur et al.: Diffraction limited domain flat-top generator; Opt. Communications 145, 237 (1998)). Auch diese Filter sind statisch und können nicht auf zeitliche Änderungen des Laserstrahlprofils reagieren. Problematisch ist weiterhin, daß das rechteckige Profil nur in der Abbildungsebene des holografischen Elementes erzeugt wird. 25

Technische Aufgabe:

- 30 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, unter Vermeidung der Nachteile des Standes der Technik ein vorgegebenes, insbesondere möglichst homogenes, rechteckförmiges Strahlprofil aus beliebigen anfänglichen Intensitätsprofilen, insbesondere aus einem Gaußschen Strahlprofil, zu formen, wobei das geformte Strahlprofil gegenüber Schwankungen des einfallenden Intensitätsprofils und der 35 Lichtintensität weitgehend stabil sein soll.

Offenbarung der Erfindung:

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Formung des Intensitätsprofils eines Laserstrahls, insbesondere zur Herstellung eines homogenen Intensitätsprofils, wobei der Laserstrahl auf einen optisch adressierbaren
5 ortsauflösenden Lichtmodulator (optical adressable spatial light modulator, OASLM) trifft, dessen lokale Transmissions- bzw. Reflexionseigenschaften von der lokalen Beleuchtungsintensität in nichtlinearer Weise abhängen.

10 Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Formung des Intensitätsprofils eines Laserstrahls, insbesondere zur Herstellung eines homogenen Intensitätsprofils, besteht aus einem optisch adressierbaren ortsauflösenden Lichtmodulator (optical adressable spatial light modulator, OASLM), dessen lokale Transmissions- bzw. Reflexionseigenschaften von der lokalen Beleuchtungsintensität in nichtlinearer
15 Weise abhängen, sowie wenigstens einem Teleskopabbildungssystem, welches den Laserstrahl räumlich aufzuweiten imstande ist.

Des weiteren wird die Aufgabe gelöst durch die Verwendung eines optisch adressierbaren ortsauflösenden Lichtmodulators (optical adressable spatial light modulator, OASLM) zur Formung des Intensitätsprofils eines Laserstrahls,
20 insbesondere zur Herstellung eines homogenen Intensitätsprofils.

Durch die Erfindung wird ein Strahlformer bzw. ein Verfahren zur Strahlformung bereitgestellt, bei welchem das geformte Intensitätsprofil durch die Verwendung eines aktiven bzw. adaptiven optischen Elements mit von der lokalen
25 Beleuchtungsintensität abhängigen optischen Eigenschaften gegenüber Änderungen des ursprünglichen Intensitätsprofils stabilisiert wird. Insbesondere wird ein optisches Element verwendet, dessen lokale Transparenz sich mit der lokalen Beleuchtungsintensität ändert. Prinzipiell ohne zusätzliche steuernde Einflußnahme von außen wird dadurch automatisch ein bestimmtes Strahlprofil
30 erzeugt, das ist von Schwankungen in der anfänglichen Intensitätsverteilung nahezu unabhängig ist. Das Verfahren bzw. der Strahlformer ist daher für beliebige Lasersysteme einsetzbar und muß nur in geringem Maße an die aktuellen Gegebenheiten angepaßt werden.

35 Das optisch nichtlineare Element ist erfindungsgemäß ein optisch adressierbarer ortsauflösender Lichtmodulator (englisch optical adressable spatial light modulator, OASLM, oder liquid crystal light valve). Um ein homogenes

(rechteckförmiges) Strahlprofil eines Lasers zu erzeugen, wird er vorzugsweise im Sättigungsbereich betrieben; die lokale transmittierte Intensität ist dann unabhängig von der lokalen Beleuchtungsintensität.

- 5 Optisch adressierbare ortsauflösende optische Modulatoren (OASLM) sind z.B. aus "Spatial Light Modulators; OSA – Technial Digest ISBN 155752-494-7 Washington 1997" bekannt und bestehen aus einer photoleitenden Schicht und einer elektrooptischen Schicht, die spannungsempfindlich ist. Bei lokaler Belichtung bricht die Spannung im Photoleiter lokal zusammen und überträgt sich
- 10 auf die elektrooptische Schicht, die dadurch lokal in ihrer Durchlaß- oder Reflexionscharakteristik geändert wird und die Belichtung nun ihrerseits optisch anzeigt. Die photoleitende Schicht muß für die auffallende Beleuchtungswellenlänge empfindlich sein. Die elektrooptische Schicht ist z. B. ein Flüssigkristall, der in weiten spektralen Bereichen optische
- 15 Modulatoreigenschaften besitzt. Gewisse Materialien vereinen die Eigenschaften der photoempfindlichen und der spannungsempfindlichen Schicht, wie z. B. photorefraktive Kristalle oder Polymere (Spatial Light Modulators; OSA – Technial Digest ISBN 155752-494-7 Washington 1997; M. Petrov et al.: Photorefractive Crystals, Berlin 1991).
- 20 Erfindungsgemäß werden in OASLMs Flüssigkristalle eingesetzt, die nichtlineare optische Eigenschaften aufweisen. Der OASLM basiert beispielsweise auf nematischen oder helixförmigen smektischen Flüssigkristallen, wobei letztgenannte eine Betriebsfrequenz von 10^2 bis 10^3 Hz aufweisen und damit
- 25 gegenüber Elementen auf Basis nematischer Flüssigkristalle (Schaltzeit im Bereich 10^{-2} s) eine schnellere Reaktion auf Veränderungen im Ausgangsprofil ermöglichen. Die Modulationseigenschaften dieser Flüssigkristalle hängen in nichtlinearer Weise von der angelegten Spannung und damit von der lokalen Beleuchtungsintensität I auf dem Photoleiter ab.
- 30 Eine typische Durchlaßcharakteristik eines derartigen OASLM besteht in einem linearen Zusammenhang zwischen Beleuchtungs- und transmittierter Intensität für geringe Beleuchtungsintensitäten sowie einem Übergang in einen Sättigungsbereich, in dem die transmittierte Intensität nahezu unabhängig von der
- 35 Beleuchtungsintensität ist. Für höhere Intensitäten kann die transmittierte Intensität wieder stärker von der Beleuchtungsintensität abhängen.

Die oben beschriebenen Eigenschaften eines OASLM erlauben es insbesondere, hohe Lichtintensitäten stärker abzuschwächen als niedrige. Dadurch wird die Intensität eines Gaußschen Strahls im Zentrum gegenüber den Randgebieten unterdrückt und die durchgelassene Intensität nähert sich der Rechteckform mit
5 einem flachen Plateau im Zentrum.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind die Schichten des OASLM strukturiert, vorzugsweise in einzelne Zonen, insbesondere optische Punkte (pixel) aufgelöst, welche sich vorzugsweise einzeln ansteuern lassen. Dadurch
10 wird ein Übersprechen zwischen nahen Bildpunkten vermindert. Schließlich kann somit bildpunktweise zusätzlichen auf elektrischem Wege in den Modulator eingegriffen werden, insbesondere um die lokalen Transmissionseigenschaften gezielt an das anfängliche Intensitätsprofil anzupassen. Die Ansteuerung der einzelnen Zonen kann vorteilhaft geregelt werden, indem das geformte Strahlprofil
15 gemessen und auf Abweichungen von einer Sollform, insbesondere von der Rechteckform, untersucht wird. Die Größe der lokalen Abweichungen dient dann über einen Rückkopplungszweig zur Anpassung der Transmissionseigenschaften der Zonen bzw. Bildpunkte des OASLM.

Um im Sättigungsbereich des OASLM zu arbeiten, wird die Intensität des zu formenden Laserstrahls vorzugsweise durch Aufweiten des Strahls und/oder durch optische Filter an den Sättigungsbereich des OASLM angepaßt. Zur Strahlaufweitung wird vorzugsweise eine Abbildungsoptik in den Strahlengang eingefügt, innerhalb derer sich der OASLM befindet. Die Abbildungsoptik umfaßt
25 vorzugsweise zwei Teleskopabbildungssysteme, welche vorzugsweise als mechanisch oder elektrisch verstellbare bzw. regelbare Zoomsysteme ausgebildet sind. Somit ist die Strahlaufweitung variabel, so daß Intensitätsänderungen durch Intensitätsschwankungen des Lasers oder nach einem Auswechseln des Lasers stets ausgeglichen werden können.

30 Kurzbeschreibung der Zeichnung, in der zeigen:

Figur 1 eine typische Transmissionscharakteristik eines OASLM

Figur 2 drei erfindungsgemäße Anordnungen zur Strahlformung unter Verwendung eines OASLM

35

In Figur 1 zeigt schematisch eine typische Transmissionscharakteristik eines OASLM, wie er erfindungsgemäß Anwendung findet, wobei auf der x-Achse die

einfallende und auf der y-Achse die transmittierte Intensität aufgetragen ist. Für kleine Intensitäten weist der OASLM eine im wesentlichen lineare Transmissionscharakteristik auf, beispielsweise ist er für die einfallende Strahlung im wesentlichen transparent. Für höhere einfallende Intensitäten ist die transmittierte Intensität im wesentlichen unabhängig von der einfallenden Intensität; dieser Sättigungsbereich wird als Arbeitsbereich für die Strahlformung gewählt. Die Intensität des zu formenden, einfallenden Laserstrahls wird durch Filter oder durch Strahlaufweitung an diesen Arbeitsbereich angepaßt. Strahlaufweitung hat dabei den Vorteil, daß sich das Licht nach Passieren des OASLM wieder bündeln läßt und somit ein geringerer Verlust der Gesamtintensität auftritt.

In den Figuren 2a-c sind drei Anordnungen zur erfindungsgemäßen Strahlformung unter Verwendung eines OASLM dargestellt. Figur 2a zeigt eine Anordnung, in der der OASLM zwischen zwei Kopplerteleskopen 1, 2 in den Strahlengang eines Lasers eingefügt ist. Die Teleskope 1, 2 bestehen jeweils aus zwei Linsen mit Brennweiten f_1 , f_2 bzw. f_1' , f_2' , die im Abstand f_1+f_2 bzw. $f_1'+f_2'$ angeordnet sind. Die Teleskope dienen zur Strahlaufweitung, um die Intensität im Zentrum des Laserstrahls soweit herabzusetzen, daß sie in den Plateaubereich der Charakteristik gemäß Figur 1 fällt. Der Laserstrahl mit abgeplattetem Strahlprofil verläßt das zweite Teleskop 2 rechts. Falls der Strahl gleichzeitig aufgeweitet werden soll, muß das rechte Teleskop 2 eine geringere Vergrößerung als das linke Teleskop 1 haben.

In gewissen Fällen, z.B. nach Einkopplung eines Lasers in eine optische Faser, kann Intensität des Lasers bereits optimal an den OASLM angepaßt sein. Das Licht kann dann ohne eine vorherige Aufweitung direkt auf den OASLM geführt werden, wie in Figur 2b dargestellt. Das Licht aus der Faser 3 fällt direkt auf den Strahlformer OASLM, der im optischen Kontakt mit der Faser 3 sein kann. Reflexionsverluste beim Übergang in den OASLM lassen sich in diesem Fall durch Brechungsindexanpassung mit einem Öl klein halten. Vorteilhaft an dieser Ausführungsform ist, daß der OASLM besonders klein ausgeführt werden kann.

Bei starken Intensitätsschwankungen des Lasers oder wenn derselbe Strahlformer für verschiedene Lasertypen eingesetzt werden soll, empfiehlt sich die Einschaltung zweier Zoomteleskope 5, 6 anstelle von Teleskopen mit festen Vergrößerungen wie in Figur 2a. Dies ist schematisch in Figur 2c dargestellt. In

diesem Fall kann die Strahlaufweitung verändert und, wenn die Zoomteleskope elektrisch verstellbar sind, auch geregelt werden.

Gewerbliche Anwendbarkeit:

- 5 Die Erfindung läßt sich in vielfältigen Einsatzgebieten, bei denen es auf die möglichst gleichmäßige Ausleuchtung von Flächen mit Laserlicht ankommt, insbesondere bei der Bildverarbeitung und Projektionstechnik, in der Interferometrie, sowie in der Materialbearbeitung mittels Lasern, vorteilhaft gewerblich anwenden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Formung des Intensitätsprofils eines Laserstrahls, insbesondere zur Herstellung eines homogenen Intensitätsprofils, wobei der Laserstrahl auf
5 einen optisch adressierbaren ortsauflösenden Lichtmodulator (optical adressable spatial light modulator, OASLM) trifft, dessen lokale Transmissions- bzw. Reflexionseigenschaften von der lokalen Beleuchtungsintensität in nichtlinearer Weise abhängen.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Transmissions- bzw. Reflexionscharakteristik des OASLM einen Sättigungsbereich aufweist, in welchem die lokal transmittierte bzw. reflektierte Intensität weitgehend unabhängig von der lokal auftreffenden Intensität ist, wobei dieser Sättigungsbereich als Arbeitsbereich gewählt wird.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Intensität des zu formenden Laserstrahls durch Aufweiten des Strahls und/oder durch optische Filter an den Sättigungsbereich des OASLM angepaßt wird.
- 20 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Strahlaufweitung eine Abbildungsoptik in den Strahlengang eingefügt wird, innerhalb derer sich der OASLM befindet.
- 25 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungsoptik zwei Teleskopabbildungssysteme (1, 2, 5, 6) umfaßt, welche vorzugsweise als mechanisch oder elektrisch verstellbare bzw. regelbare Zoomsysteme ausgebildet sind, und somit die Strahlaufweitung variabel ist, insbesondere an Intensitätsänderungen anpaßbar ist.
- 30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der OASLM ein Flüssigkristallmodulator ist.
- 35 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der OASLM in einzelne Zonen untergliedert ist, welche vorzugsweise separat elektrisch ansteuerbar sind zur Veränderung der lokalen Transmissions- und/oder Reflexionseigenschaften des OASLM.

8. Vorrichtung zur Formung des Intensitätsprofils eines Laserstrahls, insbesondere zur Herstellung eines homogenen Intensitätsprofils, bestehend aus einem optisch adressierbaren ortsauflösenden Lichtmodulator (optical adressable spatial light modulator, OASLM), dessen lokale Transmissions- bzw. Reflexionseigenschaften von der lokalen Beleuchtungsintensität in nichtlinearer Weise abhängen, sowie wenigstens einem Teleskopabbildungssystem, welches den Laserstrahl räumlich aufzuweiten imstande ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der OASLM ein Flüssigkristallmodulator ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der OASLM in einzelne Zonen untergliedert ist, welche vorzugsweise separat elektrisch ansteuerbar sind zur Veränderung der lokalen Transmissions- und/oder Reflexionseigenschaften des OASLM.
11. Verwendung eines optisch adressierbaren ortsauflösenden Lichtmodulators (optical adressable spatial light modulator, OASLM) zur Formung des Intensitätsprofils eines Laserstrahls, insbesondere zur Herstellung eines homogenen Intensitätsprofils.

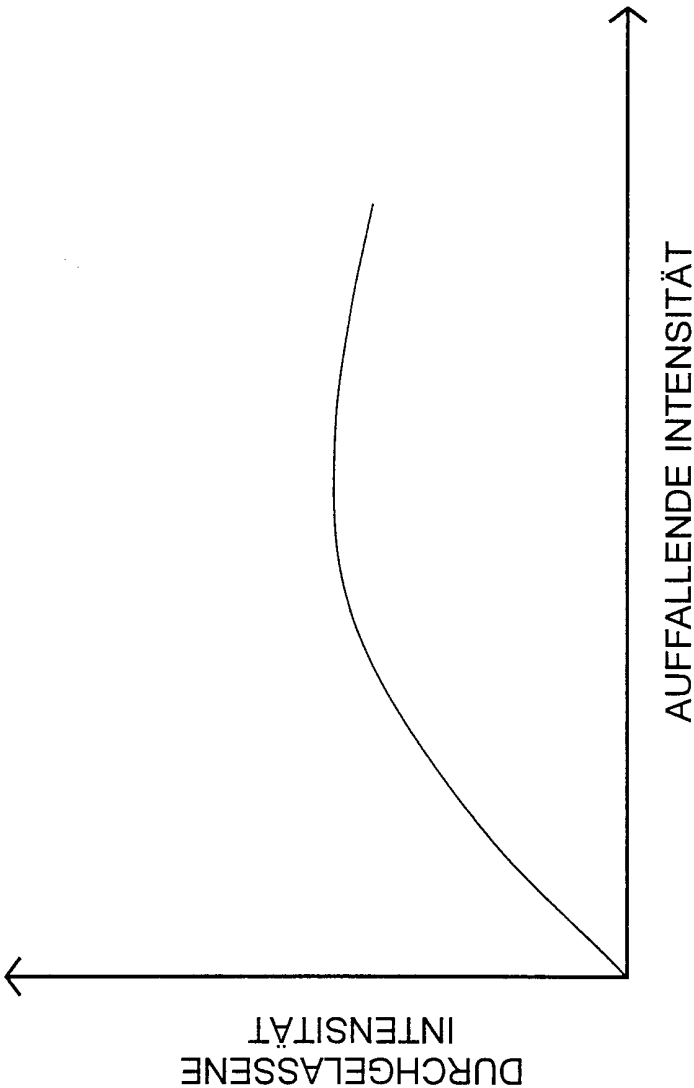


FIG. 1

2/4

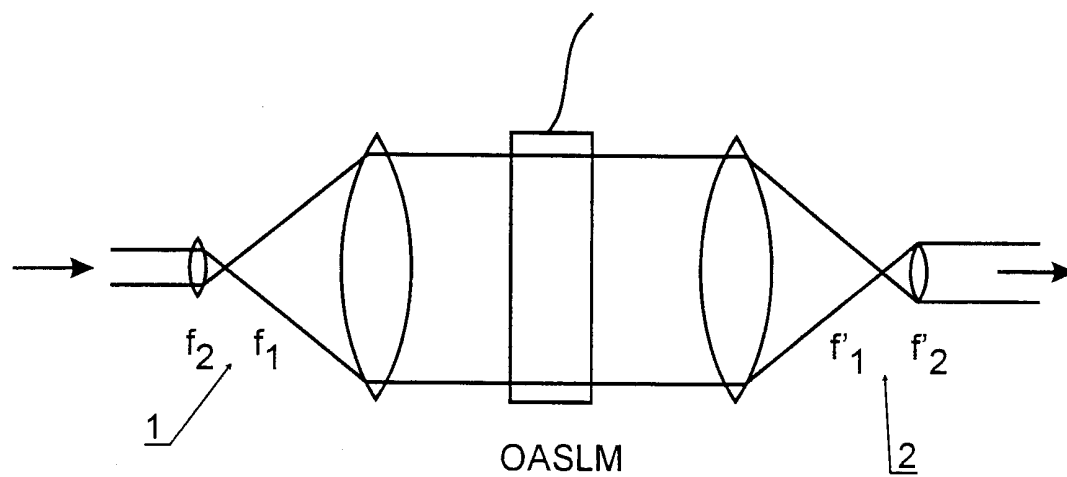


Fig. 2a).

3/4

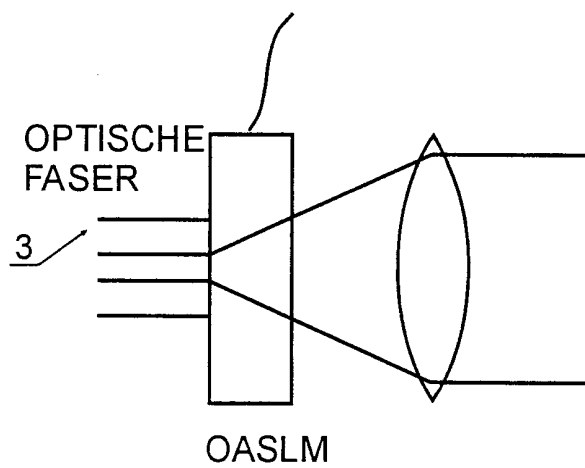


Fig. 2b).

4/4

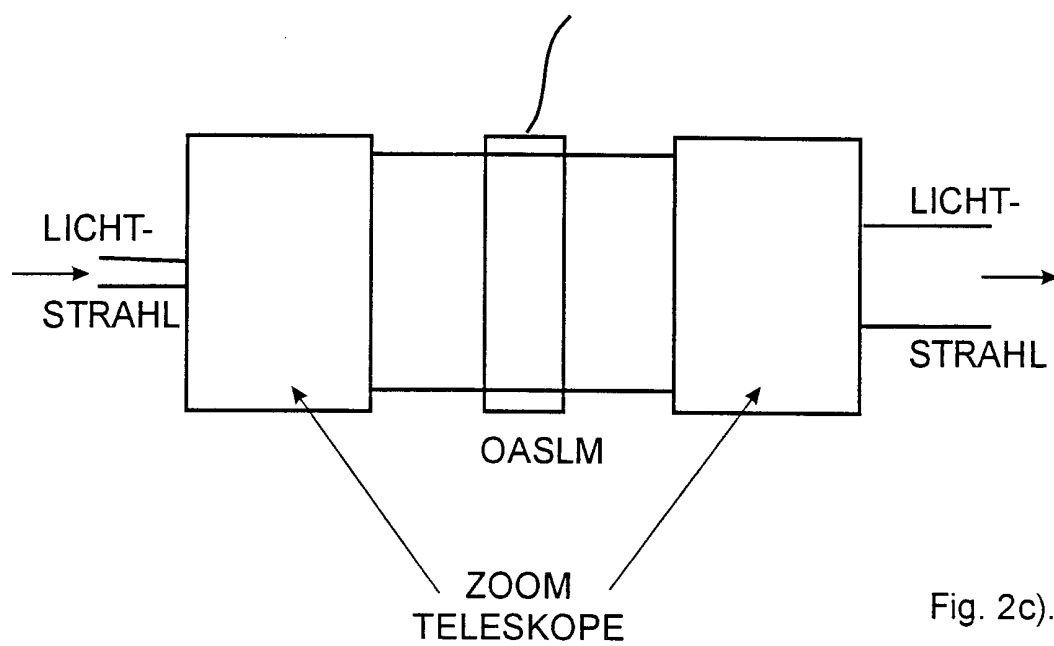


Fig. 2c).

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/05367

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02B27/09

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)

IPC 7 G02B B23K G02F

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 610 733 A (FELDMAN MICHAEL R ET AL) 11 March 1997 (1997-03-11) column 2, line 37 - line 44 column 3, line 23 - line 38 figure 2 ---	1,8
P,A	US 5 986 807 A (FORK DAVID K) 16 November 1999 (1999-11-16) column 1, line 27 - line 32 column 6, line 35 - line 46 figures 1,4 ---	1,8
A	US 4 953 937 A (KIKUCHI AKIRA ET AL) 4 September 1990 (1990-09-04) column 1, line 7 - line 14 column 22, line 24 - line 56 figure 63 --- -/--	1,8

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in 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 document 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

27 September 2000

Date of mailing of the international search report

06/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Petitpierre, 0

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter: nal Application No

PCT/EP 00/05367

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>EP 0 394 674 A (VICTOR COMPANY OF JAPAN) 31 October 1990 (1990-10-31) column 11, line 33 -column 12, line 43 figure 1</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/05367

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5610733 A	11-03-1997	FR 2716726 A JP 8094839 A US 6025938 A US 5850300 A	01-09-1995 12-04-1996 15-02-2000 15-12-1998
US 5986807 A	16-11-1999	NONE	
US 4953937 A	04-09-1990	JP 2050107 A JP 2899974 B JP 2114226 A	20-02-1990 02-06-1999 26-04-1990
EP 0394674 A	31-10-1990	JP 2250028 A JP 2250029 A JP 3018815 A DE 69026861 D DE 69026861 T KR 9410415 B US 5124545 A US RE34947 E	05-10-1990 05-10-1990 28-01-1991 13-06-1996 14-11-1996 22-10-1994 23-06-1992 23-05-1995

PCT/EP 00/05367

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/05367

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>EP 0 394 674 A (VICTOR COMPANY OF JAPAN) 31. Oktober 1990 (1990-10-31) Spalte 11, Zeile 33 -Spalte 12, Zeile 43 Abbildung 1</p> <p>-----</p>	1,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internat. Aktenzeichen

PCT/EP 00/05367

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5610733 A	11-03-1997	FR 2716726 A	01-09-1995
		JP 8094839 A	12-04-1996
		US 6025938 A	15-02-2000
		US 5850300 A	15-12-1998
US 5986807 A	16-11-1999	KEINE	
US 4953937 A	04-09-1990	JP 2050107 A	20-02-1990
		JP 2899974 B	02-06-1999
		JP 2114226 A	26-04-1990
EP 0394674 A	31-10-1990	JP 2250028 A	05-10-1990
		JP 2250029 A	05-10-1990
		JP 3018815 A	28-01-1991
		DE 69026861 D	13-06-1996
		DE 69026861 T	14-11-1996
		KR 9410415 B	22-10-1994
		US 5124545 A	23-06-1992
		US RE34947 E	23-05-1995