

(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
15. Oktober 2020 (15.10.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/207757 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G03H 1/02 (2006.01) G03H 1/26 (2006.01)
G02B 21/33 (2006.01) G03H 1/30 (2006.01)
G03H 1/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/057754

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. März 2020 (20.03.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 109 437.2
10. April 2019 (10.04.2019) DE

(71) Anmelder: **HELLA GMBH & CO. KGAA** [DE/DE];
Rixbecker Straße 75, 59552 Lippstadt (DE).

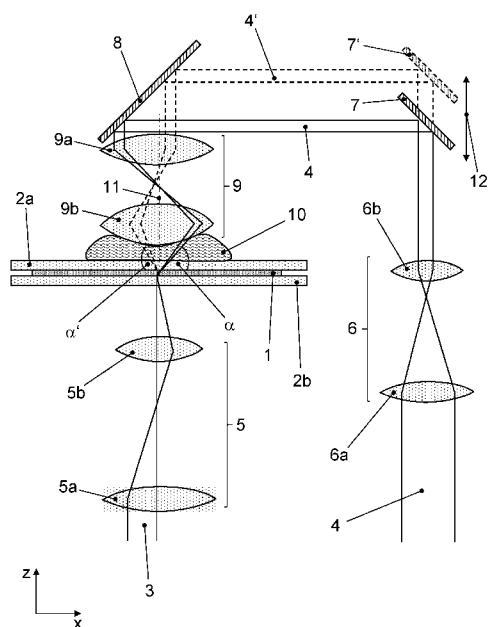
(72) Erfinder: **GIEHL, Markus**; Overhagerstr. 25, 59557
Lippstadt (DE).

(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,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING A COMPUTER-GENERATED HOLOGRAM, HOLOGRAM, AND
LIGHTING DEVICE FOR A VEHICLE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG EINES COMPUTERGENERIERTEN
HOLOGRAMMS, HOLOGRAMM SOWIE BELEUCHTVORRICHTUNG FÜR EIN FAHRZEUG

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a computer-generated hologram, comprising the method steps of: producing a reference beam (4, 4'); producing an object beam (3); applying computer-generated information regarding the hologram to the object beam (3); overlapping the object beam (3) and the reference beam (4, 4') on or in a light-sensitive recording material (1) in order to apply the hologram by exposure, wherein: several portions of the light-sensitive recording material are exposed, one after the other, to the object beam (3) and the reference beam (4, 4') simultaneously in order to produce a plurality of sub-holograms; the angle of incidence (α) at which the reference beam (4, 4') hits the surface of a first portion of the recording material (1) is different from the angle of incidence (α') at which the reference beam (4, 4') hits the surface of a second portion of the recording material (1); the change in the angle of incidence (α, α') of the reference beam (4, 4') is achieved by changing the point of incidence of the reference beam (4, 4') on a lens (9a, 13a), through which the reference beam (4, 4') passes on the way to the light-sensitive recording material (1).

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Herstellung eines computergenerierten Hologramms, umfassend die Verfahrensschritte Erzeugen eines Referenzstrahls (4, 4'), Erzeugen eines Objektstrahls (3), Aufprägen von das Hologramm betreffenden, computergenerierten Informationen auf den Objektstrahl (3), Überlappen des Objektstrahls (3) und des Referenzstrahls (4, 4') auf oder in einem lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterial (1) zur Einbelichtung des Hologramms, wobei nacheinander eine Mehrzahl von Abschnitten des lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterials (1) jeweils gleichzeitig mit dem Objektstrahl (3) und dem Referenzstrahl (4, 4') beaufschlagt werden, um eine Mehrzahl von Subhologrammen zu erzeugen, wobei der

(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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Auftreffwinkel (α), unter dem der Referenzstrahl (4, 4') auf die Oberfläche eines ersten Abschnitts des Aufzeichnungsmaterials (1) trifft, unterschiedlich zu dem Auftreffwinkel (α') ist, unter dem der Referenzstrahl (4, 4') auf die Oberfläche eines zweiten Abschnitts des Aufzeichnungsmaterials (1) trifft, wobei die Veränderung des Auftreffwinkels (α , α') des Referenzstrahls (4, 4') durch Veränderung des Auftreffpunkts des Referenzstrahls (4, 4') auf einer Linse (9a, 13a) erreicht wird, durch die der Referenzstrahl (4, 4') auf dem Weg zu dem lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterial (1) hindurchtritt.

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines computergenerierten Hologramms, Hologramm sowie Beleuchtungsvorrichtung für ein Fahrzeug

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines computergenerierten Hologramms gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, eine Vorrichtung zur Herstellung eines computergenerierten Hologramms gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 8, ein durch ein derartiges Verfahren hergestelltes und/oder mit einer derartigen Vorrichtung hergestelltes Hologramm sowie eine Beleuchtungsvorrichtung für ein Fahrzeug mit einem derartigen Hologramm.

Ein Verfahren, eine Vorrichtung, ein Hologramm und eine Beleuchtungsvorrichtung der eingangs genannten Art sind aus der DE 10 2016 107 210 A1 bekannt. Bei dem darin beschriebenen Verfahren wird in ein lichtempfindliches Aufzeichnungsmaterial ein Hologramm einbelichtet, das aus einer Mehrzahl von Subhologrammen besteht. Dabei werden die den einzelnen Subhologrammen entsprechenden Abschnitte des Aufzeichnungsmaterials sukzessive mit einem Objektstrahl und einem Referenzstrahl beaufschlagt. Der Objektstrahl wird von einem Lichtmodulator mit computergenerierten Hologramminformationen moduliert. Das Hologramm oder ein mit dem Hologramm als Masterhologramm hergestelltes Replik-Hologramm kann in einen Scheinwerfer eines Kraftfahrzeugs integriert werden.

Bei der Herstellung von Hologrammen spielt die Charakteristik der zur Rekonstruktion verwendeten Lichtquelle eine entscheidende Rolle. Eine Änderung der Eigenschaften, wie beispielsweise die Divergenz, einer zur Rekonstruktion des Hologramms verwendeten Lichtquelle gegenüber der im Herstellungsprozess verwendeten Lichtquelle führt zu starken Änderungen des rekonstruierten Bildes. Gleiches gilt für die Änderung der Substratgeometrie, auf die das Hologramm aufgebracht ist. Vorrichtungen zur Herstellung von computergenerierten Hologrammen beschränken sich in der Regel auf einfache Substratformen. Freiformsubstrate sind nur bedingt oder nicht möglich. Computergenerierte Hologramme beziehungsweise von diesen umfasste Subholo-

gramme werden im Stand der Technik in ihrem Rekonstruktionswinkel nicht auf die Abstrahlcharakteristik verschiedener Lichtquellen optimiert und Methoden zur Herstellung beschränken sich entweder auf Transmissions-, Reflexions- oder Edgelithogramme.

Das der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Problem ist die Schaffung eines Verfahrens und einer Vorrichtung der eingangs genannten Art, die bei der Herstellung eines Hologramms Eigenschaften einer zur Rekonstruktion des Hologramms verwendeten Lichtquelle und/oder die Geometrie eines Substrats, auf die das Hologramm aufgebracht werden soll, berücksichtigen können. Weiterhin sollen ein durch ein derartiges Verfahren hergestelltes und/oder mit einer derartigen Vorrichtung hergestelltes Hologramm sowie eine Beleuchtungsvorrichtung für ein Fahrzeug mit einem derartigen Hologramm angegeben werden.

Dies wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 8, ein Hologramm mit den Merkmalen des Anspruchs 14 und eine Beleuchtungsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 15 erreicht. Die Unteransprüche betreffen bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung.

Gemäß Anspruch 1 ist vorgesehen, dass der Auftreffwinkel, unter dem der Referenzstrahl auf die Oberfläche eines ersten Abschnitts des Aufzeichnungsmaterials trifft, unterschiedlich zu dem Auftreffwinkel ist, unter dem der Referenzstrahl auf die Oberfläche eines zweiten Abschnitts des Aufzeichnungsmaterials trifft, wobei die Veränderung des Auftreffwinkels des Referenzstrahls durch Veränderung des Auftreffpunkts des Referenzstrahls auf einer Linse erreicht wird, durch die der Referenzstrahl auf dem Weg zu dem lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterial hindurchtritt. Auf diese Weise können unterschiedliche Subhologramme mit unterschiedlichem Auftreffwinkel des Referenzstrahls eingelesen werden, so dass Eigenschaften einer zur Rekonstruktion des Hologramms verwendeten Lichtquelle und/oder die Geometrie eines Substrats bei dem Schreiben des Hologramms berücksichtigt werden können. Beispiels-

weise können in Abhängigkeit von der Divergenz der zur Rekonstruktion verwendeten Lichtquelle oder in Abhängigkeit von der Krümmung des Substrats, auf die das Hologramm aufgebracht werden soll, für unterschiedliche Subhologramme unterschiedliche Auftreffwinkel des Referenzstrahls gewählt werden. Dabei kann es möglich sein, den Winkel zwischen Referenz- und Objektstrahl nahezu kontinuierlich für jedes Subhologramm anzupassen und somit die Voraussetzung für gebogene Substrate zu schaffen sowie eine Anpassung an verschiedene Abstrahlcharakteristiken diverser Lichtquellen zu ermöglichen. Durch Veränderung des Auftreffpunkts des Referenzstrahls auf der Linse lässt sich mit einfachen Mitteln der Auftreffwinkel des Referenzstrahls auf dem Aufzeichnungsmaterial ändern.

Beispielsweise können durch unterschiedliche radiale Abstände zwischen der optischen Achse der Linse und dem Auftreffpunkt des Referenzstrahls auf der Linse unterschiedliche Auftreffwinkel des Referenzstrahls auf den Oberflächen der Abschnitte des Aufzeichnungsmaterials erzeugt werden. Dazu kann der Referenzstrahl parallel zur optischen Achse der Linse auf die Linse auftreffen.

Es besteht die Möglichkeit, dass das lichtempfindliche Aufzeichnungsmaterial eine plane Oberfläche aufweist. Trotzdem kann durch das erfindungsgemäße Verfahren erreicht werden, dass das Hologramm nach Aufbringung auf ein gebogenes Substrat rekonstruiert werden kann.

Es kann vorgesehen sein, dass das lichtempfindliche Aufzeichnungsmaterial zwischen einer Belichtung mit dem Objektstrahl und dem Referenzstrahl zur Erzeugung eines ersten Subhologramms sowie einer Belichtung mit dem Objektstrahl und dem Referenzstrahl zur Erzeugung eines zweiten Subhologramms bewegt wird, insbesondere in einer zu der planen Oberfläche des Aufzeichnungsmaterials parallelen Ebene. Auf diese Weise können nacheinander einzelne Subhologramme geschrieben werden.

Dabei kann die optische Achse der Linse senkrecht zu der Ebene ausgerichtet sein, in der das lichtempfindliche Aufzeichnungsmaterial zwischen der Erzeugung zweier Subhologramme bewegt wird.

Es besteht die Möglichkeit, dass das hergestellte computergenerierte Hologramm ein Transmissionshologramm oder ein Reflexionshologramm oder ein Edgelithologramm ist. Dabei ist es möglich, mit einem einzigen Aufbau sowohl Transmissions-, Reflexions- als auch Edgelit-Hologramme herzustellen.

Es kann vorgesehen sein, dass das hergestellte computergenerierte Hologramm als Masterhologramm für die Herstellung von Replik-Hologrammen dient. Die Replik-Hologramme können beispielsweise in einen dünnen biegsamen Film eingelesen werden. Dieser Film kann dann beispielsweise auf eine gekrümmte Fläche einer Beleuchtungsvorrichtung, insbesondere eines Scheinwerfers aufgebracht werden.

Gemäß Anspruch 8 ist vorgesehen, dass die zum Überlappen von Objektstrahl und Referenzstrahl dienenden Optikmittel derart ausgebildet sind, dass der Auftreffwinkel, unter dem der Referenzstrahl auf die Oberfläche eines ersten Abschnitts des Aufzeichnungsmaterials trifft, unterschiedlich zu dem Auftreffwinkel ist, unter dem der Referenzstrahl auf die Oberfläche eines zweiten Abschnitts des Aufzeichnungsmaterials trifft, wobei die zum Überlappen von Objektstrahl und Referenzstrahl dienenden Optikmittel mindestens eine Linse umfassen, durch die der Referenzstrahl auf dem Weg zu dem lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterial hindurch treten kann, und wobei die Veränderung des Auftreffwinkels des Referenzstrahls durch Veränderung des Auftreffpunkts des Referenzstrahls auf der mindestens einen Linse erreicht wird. Die Vorrichtung erlaubt eine flexible Herstellung von Hologrammen, die für eine Aufbringung auf gebogene Substrate sowie auf beliebig abstrahlende Lichtquellen angepasst sein können.

Es kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist.

Es besteht die Möglichkeit, dass die Vorrichtung auf einander gegenüberliegenden Seiten des lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterials jeweils mindestens eine Linse umfasst, durch die der Referenzstrahl auf dem Weg zu dem lichtempfindlichen Auf-

zeichnungsmaterial hindurch treten kann, wobei die Veränderung des Auftreffwinkels des Referenzstrahls durch Veränderung des Auftreffpunkts des Referenzstrahls auf einer der Linsen erreicht wird. Auf diese Weise kann der Referenzstrahl wahlweise von der gleichen Seite wie der Objektstrahl oder von der dem Objektstrahl entgegengesetzten Seite auf das lichtempfindliche Aufzeichnungsmaterial auftreffen. Dadurch sind sowohl die Herstellung von Transmissionshologrammen als auch die Herstellung von Reflexionshologrammen möglich.

Es kann vorgesehen sein, dass die mindestens eine Linse Teil eines, insbesondere aus zwei oder mehr Linsen bestehenden, Linsensystems ist, durch das der Referenzstrahl auf dem Weg zu dem lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterial hindurch treten kann. Durch die Verwendung eines aus mehr als einer Linse bestehenden Linsensystems lässt sich die Linse, auf deren Oberfläche der veränderbare Auftreffpunkt des Referenzstrahls angeordnet ist, einfacher gestalten.

Es besteht die Möglichkeit, dass die Vorrichtung ein Immersionsmittel, beispielsweise eine Immersionsflüssigkeit, umfasst, das zwischen der mindestens einen Linse oder einer Linse des Linsensystems und dem lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterial beziehungsweise einem das lichtempfindliche Aufzeichnungsmaterial tragenden Substrat angeordnet ist. Durch die Verwendung eines Immersionsmittels kann der Winkel zwischen der optischen Achse der Linse und dem Referenzstrahl so groß gewählt werden, dass der Auftreffwinkel des Referenzstrahls auf das lichtempfindliche Aufzeichnungsmaterial beziehungsweise auf das das Aufzeichnungsmaterial tragenden Substrats im Bereich des Grenzwinkels der Totalreflexion liegt. Dadurch ist es möglich, Edgelithologramme herzustellen.

Es kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung ein Teleskop umfasst, mit dem die Ausdehnung des Referenzstrahls verändert, insbesondere verkleinert werden kann. Durch die Verkleinerung der Ausdehnung des Referenzstrahls ist die Änderung des Auftreffwinkels des Referenzstrahls auf dem lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterial einfacher kontrollierbar.

Es kann vorgesehen sein, dass die Vorrichtung Bewegungsmittel zur Bewegung des lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterials zwischen einer Belichtung mit dem Objektstrahl und dem Referenzstrahl zur Erzeugung eines ersten Subhologramms sowie einer Belichtung mit dem Objektstrahl und dem Referenzstrahl zur Erzeugung eines zweiten Subhologramms umfasst, wobei die Bewegungsmittel das Aufzeichnungsmaterial insbesondere in einer zu der planen Oberfläche des Aufzeichnungsmaterials parallelen Ebene bewegen können.

Es besteht die Möglichkeit, dass die Modulationsmittel für das Aufprägen von das Hologramm betreffenden Informationen auf den Objektstrahl als LC-Display, vorzugsweise als in einer Reflexionsanordnung betriebenes LC-Display, ausgebildet sind, das Phasenversätze zwischen unterschiedlichen Abschnitten des Objektstrahls erzeugen kann.

Gemäß Anspruch 14 ist das Hologramm, insbesondere das Replik-Hologramm, durch ein erfindungsgemäßes Verfahren und/oder mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung hergestellt, wobei das Hologramm insbesondere für die Aufbringung auf eine gekrümmte Fläche und/oder für die Verwendung mit einer Lichtquelle mit einer vorgegebenen Divergenz vorgesehen ist.

Gemäß Anspruch 15 umfasst die Beleuchtungsvorrichtung für ein Fahrzeug, insbesondere der Scheinwerfer für ein Fahrzeug, ein erfindungsgemäßes Hologramm wobei die Beleuchtungsvorrichtung insbesondere eine gekrümmte Fläche umfasst, auf der das Hologramm angeordnet ist.

Anhand der beigefügten Zeichnungen wird die Erfindung nachfolgend näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines Teils einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2 eine Seitenansicht eines Teils einer zweiten Ausführungsform einer erfin-

dungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 3 eine schematische Schnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels einer Rekonstruktion eines erfindungsgemäßen Hologramms;

Fig. 4 eine schematische Schnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels einer Rekonstruktion eines erfindungsgemäßen Hologramms.

In den Figuren sind gleiche und funktional gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Weiterhin ist in Fig. 1 und Fig. 2 jeweils ein kartesisches Koordinatensystem eingezeichnet, bei dem sich die y-Richtung in die Zeichenebene hineinerstreckt.

Bei dem in Fig. 1 abgebildeten Ausführungsbeispiel soll in ein lichtempfindliches Aufzeichnungsmaterial 1 ein Hologramm einbelichtet werden, das aus einer Mehrzahl von Subhologrammen besteht. Die Subhologramme können dabei in einer zweidimensionalen Matrix in einer x- und einer y-Richtung nebeneinander angeordnet sein. Als lichtempfindliches Aufzeichnungsmaterial 1 kommen gängige bei der Erstellung von Hologrammen genutzte Materialien in Betracht.

Das Aufzeichnungsmaterial 1 kann beispielsweise als ein Film ausgebildet sein, der auf einem transparenten Substrat angeordnet ist. In den abgebildeten Ausführungsbeispielen ist sowohl auf der Oberseite als auch auf der Unterseite des lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterials 1 ein Substrat 2a, 2b vorgesehen. Das lichtempfindliche Aufzeichnungsmaterial 1 weist eine plane Oberfläche auf und erstreckt sich in einer x-y-Ebene.

Die in Fig. 1 schematisch teilweise abgebildete erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung umfasst weiterhin eine nicht abgebildete Laserlichtquelle, die einen Laserstrahl erzeugt, der von ebenfalls nicht abgebildeten Optikmitteln in einen Objektstrahl 3 und einen Referenzstrahl 4 aufgeteilt wird. Die Vorrichtung umfasst weiterhin nicht abgebildete Modulationsmittel, die beispielsweise als LC-Display in

Reflexionsanordnung ausgebildet sein können. Das LC-Display kann in Abhängigkeit von computergenerierten Daten angesteuert werden, die die Erstellung von einzelnen Subhologrammen betreffen.

Der Objektstrahl 3 kann von ebenfalls nicht abgebildeten Optikmitteln auf das LC-Display aufgeweitet werden. In Abhängigkeit von den das LC-Display steuernden Daten kann das LC-Display bei der Reflexion die Phase von Teilen des Objektstrahls 3 verändern, so dass Teile des Objektstrahls 3 relativ zu anderen Teilen des Objektstrahls 3 einen Phasenversatz aufweisen. Dadurch werden dem Objektstrahl 3 einem Subhologramm betreffende Informationen aufgeprägt.

Die Vorrichtung umfasst weiterhin ein als Objektiv dienendes Linsensystem 5, das aus zwei Linsen 5a, 5b besteht. Durch dieses Linsensystem 5 tritt der Objektstrahl 3 hindurch, wobei er von dem Linsensystem 5 in Fig. 1 von unten beziehungsweise in positiver z-Richtung in das Aufzeichnungsmaterial 1 hinein fokussiert wird.

Die Vorrichtung gemäß Fig. 1 umfasst weiterhin ein aus zwei Linsen 6a, 6b bestehendes Teleskop 6, durch das der Referenzstrahl 4 hindurchtritt und das die Ausdehnung des Referenzstrahls 4 in Querrichtung verkleinert. Nach dem Hindurchtritt durch das Teleskop 6 wird der Referenzstrahl 4 von zwei Spiegeln 7, 8 jeweils um 90° umgelenkt so dass er anschließend in negativer z-Richtung beziehungsweise nach unten in Fig. 1 verläuft.

Die Vorrichtung umfasst weiterhin ein als Objektiv dienendes Linsensystem 9, das aus zwei Linsen 9a, 9b besteht. Durch dieses Linsensystem 9 tritt der Referenzstrahl 4 hindurch, wobei er von dem Linsensystem 9 in Fig. 1 von oben beziehungsweise in negativer z-Richtung in das Aufzeichnungsmaterial 1 hinein fokussiert wird. Zwischen der näher an dem Substrat 2a des Aufzeichnungsmaterials 1 angeordneten Linse 9b des Linsensystems 9 und dem Substrat 2a ist ein Immersionsmittel 10, beispielsweise eine Immersionsflüssigkeit, angeordnet.

In dem Aufzeichnungsmaterial 1 wird der Referenzstrahl 4 mit dem Objektstrahl 3 überlagert. Durch Interferenz des Objektstrahls 3 mit dem Referenzstrahl 4 wird in an sich bekannter Weise in das lichtempfindliche Aufzeichnungsmaterial 1 ein Hologramm eingeschrieben. Bei der in Fig. 1 abgebildeten Ausführungsform können durch Auftreffen des Referenzstrahls 4 auf der von dem Objektstrahl 3 abgewandten Seite des lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterials 1 Reflexionshologramme geschrieben werden.

Der Referenzstrahl 4 trifft parallel zur optischen Achse 11 der Linse 9a auf die Linse 9a auf. Je nach Abstand des Auftreffpunkts des Referenzstrahls 4 auf der Linse 9a von der optischen Achse ergibt sich ein mehr oder weniger großer Auftreffwinkel α , unter dem der Referenzstrahl 4 auf die Oberfläche des Aufzeichnungsmaterials auftrifft. Dabei erweist es sich als hilfreich, dass der Referenzstrahl 4 wegen des Hindurchtritts durch das Teleskop 6 in Querrichtung eine geringe Ausdehnung aufweist.

Der erste der beiden Spiegel 7, 8 ist längs des Pfeils 12 in z-Richtung und in die Zeichenebene der Fig. 1 hinein beziehungsweise aus der Zeichenebene hinaus in y-Richtung bewegbar, damit der gesamte Raumwinkel verändert werden kann. Die Verschiebung in z-Richtung ändert dabei den Winkel in der x-z-Ebene und die Verschiebung in y-Richtung ändert dabei den Winkel in der z-y-Ebene.

In unterschiedlichen Positionen des Spiegels 7 ergeben sich unterschiedliche Auftreffpunkte des Referenzstrahls 4 auf der Linse 9a. In Fig. 1 sind zwei beispielhafte Positionen des Spiegels 7, 7' und dementsprechend zwei Referenzstrahlen 4, 4' eingezeichnet, die jeweils in negativer z-Richtung auf die Linse 9a auftreffen und dabei einen unterschiedlichen Abstand zur optischen Achse 11 der Linse 9a aufweisen. Dementsprechend ist auch der Winkel α , α' , unter dem sie auf das Aufzeichnungsmaterial 1 auftreffen, unterschiedlich.

Der in Fig. 1 in der Nähe der optischen Achse 11 auf die Linse 9a auftreffende Referenzstrahl 4' trifft unter einem vergleichsweise großen Auftreffwinkel α' zur x-y-Ebene auf die Oberfläche des Aufzeichnungsmaterials 1. Dagegen ist der Auftreffwinkel α ,

unter dem der in Fig. 1 weiter von der optischen Achse 11 entfernt auf die Linse 9a auftreffende Referenzstrahl 4 auf die Oberfläche des Aufzeichnungsmaterials 1 auftrifft, deutlich kleiner als der Auftreffwinkel α' . Eine Variation der Position des Referenzstrahls 4, 4' resultiert somit in einer Änderung des Auftreffwinkels α, α' , unter dem der Referenzstrahl 4, 4' auf das Aufzeichnungsmaterial 1 trifft, und damit auch in einer Änderung der Ausrichtung der Bragg-Ebenen im Hologramm sowie in einer Änderung des Auftreffwinkels unter dem das Hologramm später rekonstruiert werden kann.

Das Linsensystem 9 übernimmt zwei Funktionen. Einerseits dient es der Fokussierung des Referenzstrahls 4, 4' auf oder in das Aufzeichnungsmaterial 1 und andererseits ermöglicht es eine Änderung des Auftreffwinkels α, α' des Referenzstrahls 4, 4'. Das Aufzeichnungsmaterial 1 ist dabei verschiebbar in einer x-y-Ebene in der Brennebene des Linsensystems 9 gelagert. Dazu sind geeignete Bewegungsmittel zur Bewegung des lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterials 1 vorgesehen.

Zum Herstellen des Hologramms kann das Aufzeichnungsmaterial 1 so in der x-y-Ebene positioniert werden, dass der Objektstrahl 3 und der Referenzstrahl 4, 4' auf einem ersten Abschnitt der Oberfläche des Aufzeichnungsmaterials 1 überlappen, um ein erstes Subhologramm einzubelichten. Dazu werden dem Objektstrahl 3 die das erste Subhologramm betreffenden Informationen aufgeprägt.

Nach dem Einlesen des ersten Subhologramms wird das Aufzeichnungsmaterial 1 in der x-y-Ebene verschoben, bis der Objektstrahl 3 und der Referenzstrahl 4, 4' auf einem zweiten Abschnitt der Oberfläche des Aufzeichnungsmaterials 1 überlappen, um ein zweites Subhologramm einzubelichten. Dazu werden dem Objektstrahl 3 die das zweite Subhologramm betreffenden Informationen aufgeprägt.

Auf diese Weise werden nach und nach sämtliche Subhologramme in das Aufzeichnungsmaterial 1 eingelesen.

Wenn der Referenzstrahl 4, 4' auf den Randbereich der Linse 9a auftrifft, können aufgrund des Immersionsmittels 10 Auftreffwinkel realisiert werden, die dem Grenzwinkel der Totalreflexion an der Grenzfläche vom Substrat 2a zur Umgebung entsprechen. Auf diese Weise können mit der Ausführungsform gemäß Fig. 1 Reflexions-EdgELIT-Hologramme hergestellt werden.

Die in Fig. 2 abgebildete zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform insbesondere dadurch, dass das auf der Unterseite des Aufzeichnungsmaterials 1 beziehungsweise objektstrahlseitig angeordnete Objektiv 13 wie das oberhalb des Aufzeichnungsmaterials 1 angeordnete Objektiv 9 ausgebildet ist. Es weist ebenfalls zwei Linsen 13a, 13b auf, wobei zwischen der näher an dem Substrat 2b des Aufzeichnungsmaterials 1 angeordneten Linse 13b des Linsensystems 13 und dem Substrat 2b ein Immersionsmittel 10, beispielsweise eine Immersionsflüssigkeit, angeordnet ist.

Durch das Linsensystem 13 können bei dieser Ausführungsform sowohl der Objektstrahl 3 als auch der Referenzstrahl 4 hindurchtreten. Dafür sind das Teleskop 6 und der bewegbare Spiegel 7 etwas weiter unten angeordnet, so dass der von dem Spiegel 7 ausgehende Referenzstrahl 4 von einem als Strahlvereiniger 14 dienenden Strahlteiler nach oben auf das Objektiv 13 reflektiert werden kann. Auch hier ergeben sich durch unterschiedliche Positionen des Spiegels 7 unterschiedliche Auftreffpunkte des Referenzstrahls 4 auf der Linse 13a beziehungsweise unterschiedliche Abstände der Auftreffpunkte des Referenzstrahls 4 von der optischen Achse 11 der Linse 13a.

Durch den Strahlvereiniger kann auch der Objektstrahl 3 nach oben hindurchtreten. Durch das Auftreffen des Referenzstrahls 4 auf der dem Objektstrahl 3 zugewandten Seite des Aufzeichnungsmaterials 1 können Transmissionshologramme geschrieben werden. Dies entspricht in Fig. 2 der Überlagerung des Objektstrahls 3 mit dem von unten auf das Aufzeichnungsmaterial 1 auftreffenden Referenzstrahl 4 auf dem Aufzeichnungsmaterial 1.

Wenn der Referenzstrahl 4, 4' auf den Randbereich der Linse 13a auftrifft, können aufgrund des Immersionsmittels 10 Auftreffwinkel realisiert werden, die dem Grenzwinkel der Totalreflexion an der Grenzfläche vom Substrat 2b zur Umgebung entsprechen. Auf diese Weise können mit der Ausführungsform gemäß Fig. 2 Transmissions-Edgelit-Hologramme hergestellt werden.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 sind auch das oberhalb des Aufzeichnungsmaterials 1 angeordnete Linsensystem 9 und der zweite Spiegel 8 vorgesehen. Es besteht daher die Möglichkeit, die in Fig. 2 abgebildete Ausführungsform nach dem Hochschieben des ersten Spiegels 7 in die gestrichelte Position des Spiegels 7' für das Einschreiben von Reflexionshologrammen zu verwenden, wobei dabei der Referenzstrahl 4' dem gestrichelt eingezeichneten Strahl entspricht.

Alternativ können bei der zweiten Ausführungsform auch das obere Linsensystem 9 und der zweite Spiegel 8 weggelassen werden, so dass dann mit der Vorrichtung lediglich Transmissionshologramme geschrieben werden können.

Die Flexibilität in der Einbelichtung der Hologramme unter verschiedenen Winkeln erlaubt eine gezielte Anpassung auf divergente Lichtquellen.

Fig. 3 zeigt als divergente Lichtquelle eine Leuchtdiode (LED) 15 und das von ihr ausgehende Licht 16 beziehungsweise die Wellenfronten 17 des Lichts 16. Wenn trotz der Divergenz des Lichts 16 die Anteile 18 der ersten Beugungsordnung des durch das Licht 16 rekonstruierten Hologramms sich nach oben in Fig. 3 in die gleiche Richtung bewegen sollen, müssen die Bragg-Ebenen 19 des Hologramms für unterschiedliche Subhologramme einen unterschiedlichen Winkel mit der Oberfläche des Aufzeichnungsmaterials 1 einschließen. Beispielsweise ist in Fig. 3 der Winkel β_1 der rechten Bragg-Ebenen 19 deutlich größer als der Winkel β_2 der linken Bragg-Ebenen 19.

Es soll an dieser Stelle angemerkt werden, dass in Fig. 3 und Fig. 4 anstelle des dünnen Aufzeichnungsmaterials 1 lediglich eine vergleichsweise dicke Platte dargestellt

ist. Hierbei kann es sich um ein transparentes Substrat handeln, auf dem das Aufzeichnungsmaterial 1 beispielsweise in Form eines dünnen Films aufgebracht ist.

Mit den Vorrichtungen gemäß Fig. 1 und Fig. 2 beziehungsweise durch das erfindungsgemäße Verfahren können während des Einschreibens des Hologramms in das Aufzeichnungsmaterial 1 geeignete Auftreffwinkel des Referenzstrahls 4, 4' auf das Aufzeichnungsmaterial 1 gewählt werden, um im Hologramm geeignete Neigungen der Bragg-Ebenen 19 zu erreichen. Die für die divergente Lichtquelle geeignete Neigung der Bragg-Ebenen 19 kann bei der Herstellung des computergenerierten Hologramms berücksichtigt werden, ohne die Leuchtdiode 15 selbst im Schreibprozess verwenden zu müssen.

Bei dem Beispiel einer Rekonstruktion gemäß Fig. 4 wird ebenfalls als divergente Lichtquelle eine Leuchtdiode 15 verwendet. Das Aufzeichnungsmaterial 1 beziehungsweise ein das Aufzeichnungsmaterial 1 tragendes Substrat ist nicht plan sondern gebogen beziehungsweise weist eine gekrümmte Oberfläche auf.

Die bereits wegen der divergenten Lichtquelle zueinander geneigten Bragg-Ebenen 19 einzelner Subhologramme müssen aufgrund der Krümmung des das Hologramm beinhaltenden Auszeichnungsmaterials 1 eine zusätzlich Neigungsänderung aufweisen. Dies wird in Fig. 4 durch die effektiven Bragg-Ebenen 20 verdeutlicht, die die Veränderung der Bragg-Ebenen durch die Krümmung des als Hologrammträgers dienenden Aufzeichnungsmaterials 1 wiedergeben. Auch diese Winkeländerung der effektiven Bragg-Ebenen 20 bei Biegung des Auszeichnungsmaterials 1 gegenüber einer in Fig. 4 beispielhaft eingezeichneten planen Fläche 21 kann bereits im Schreibprozess berücksichtigt werden, ohne ein gekrümmtes Aufzeichnungsmaterial im Schreibprozess verwenden zu müssen.

Das mit den Vorrichtungen gemäß Fig. 1 und Fig. 2 beziehungsweise durch das erfindungsgemäße Verfahren hergestellte computergenerierte Hologramm kann als Masterhologramm für die Herstellung von Replik-Hologrammen dienen. Die Replik-Hologramme können beispielsweise in einen dünnen biegsamen Film eingelesen

werden. Dieser Film kann dann beispielsweise auf eine gekrümmte Fläche einer Beleuchtungsanordnung, insbesondere eines Scheinwerfers aufgebracht werden.

Bezugszeichenliste

1	Lichtempfindliches Aufzeichnungsmaterial
2a, 2b	Substrat
3	Objektstrahl
4, 4'	Referenzstrahl
5	Linsensystem
5a, 5b	Linsen des Linsensystems 5
6	Teleskop
6a, 6b	Linsen des Teleskops 6
7	Bewegbarer Spiegel
8	Spiegel
9	Linsensystem
9a, 9b	Linsen des Linsensystems 9
10	Immersionsmittel
11	Optische Achse der Linse 9a und der Linse 13a
12	Pfeil, der die Bewegung des Spiegels 7 verdeutlicht
13	Linsensystem
13a, 13b	Linsen des Linsensystems 13
14	Strahlvereiniger
15	Leuchtdiode
16	Von der Leuchtdiode 15 ausgehendes Licht
17	Wellenfronten des Lichts 16
18	Anteil der ersten Beugungsordnung des rekonstruierten Hologramms
19	Bragg-Ebene
20	effektive Bragg-Ebene
21	plane Fläche
α, α'	Auftreffwinkel des Referenzstrahls 4 auf das Aufzeichnungsmaterial 1
β_1, β_2	Winkel zwischen Bragg-Ebene 19 und Oberfläche des Aufzeichnungsmaterials 1

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines computergenerierten Hologramms, umfassend folgende Verfahrensschritte:
 - Erzeugen eines Referenzstrahls (4, 4'),
 - Erzeugen eines Objektstrahls (3),
 - Aufprägen von das Hologramm betreffenden, computergenerierten Informationen auf den Objektstrahl (3),
 - Überlappen des Objektstrahls (3) und des Referenzstrahls (4, 4') auf oder in einem lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterial (1) zur Einbeleuchtung des Hologramms, wobei nacheinander eine Mehrzahl von Abschnitten des lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterials (1) jeweils gleichzeitig mit dem Objektstrahl (3) und dem Referenzstrahl (4, 4') beaufschlagt werden, um eine Mehrzahl von Subhologrammen zu erzeugen,
dadurch gekennzeichnet, dass der Auftreffwinkel (α), unter dem der Referenzstrahl (4, 4') auf die Oberfläche eines ersten Abschnitts des Aufzeichnungsmaterials (1) trifft, unterschiedlich zu dem Auftreffwinkel (α') ist, unter dem der Referenzstrahl (4, 4') auf die Oberfläche eines zweiten Abschnitts des Aufzeichnungsmaterials (1) trifft, wobei die Veränderung des Auftreffwinkels (α , α') des Referenzstrahls (4, 4') durch Veränderung des Auftreffpunkts des Referenzstrahls (4, 4') auf einer Linse (9a, 13a) erreicht wird, durch die der Referenzstrahl (4, 4') auf dem Weg zu dem lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterial (1) hindurchtritt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch unterschiedliche radiale Abstände zwischen der optischen Achse (11) der Linse (9a, 13a) und dem Auftreffpunkt des Referenzstrahls (4, 4') auf der Linse

(9a, 13a) unterschiedliche Auftreffwinkel (α , α') des Referenzstrahls (4, 4') auf den Oberflächen der Abschnitte des Aufzeichnungsmaterials (1) erzeugt werden.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das lichtempfindliche Aufzeichnungsmaterial (1) eine plane Oberfläche aufweist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das lichtempfindliche Aufzeichnungsmaterial (1) zwischen einer Belichtung mit dem Objektstrahl (3) und dem Referenzstrahl (4, 4') zur Erzeugung eines ersten Subhologramms sowie einer Belichtung mit dem Objektstrahl (3) und dem Referenzstrahl (4, 4') zur Erzeugung eines zweiten Subhologramms bewegt wird, insbesondere in einer zu der planen Oberfläche des Aufzeichnungsmaterials (1) parallelen Ebene.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optische Achse (11) der Linse (9a, 13a) senkrecht zu der Ebene ausgerichtet ist, in der das lichtempfindliche Aufzeichnungsmaterial (1) zwischen der Erzeugung zweier Subhologramme bewegt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das hergestellte computergenerierte Hologramm ein Transmissionshologramm oder ein Reflexionshologramm oder ein Edgelithologramm ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das hergestellte computergenerierte Hologramm als Masterhologramm für die Herstellung von Replik-Hologrammen dient.
8. Vorrichtung zur Herstellung eines computergenerierten Hologramms, umfassend
 - eine Lichtquelle, insbesondere eine Laserlichtquelle zur Erzeugung ei-

nes Lichtstrahls,

- Optikumittel zur Aufteilung des von der Lichtquelle erzeugten Lichtstrahls in einen Objektstrahl (3) und einen Referenzstrahl (4, 4'),
- Modulationsmittel für das Aufprägen von das Hologramm betreffenden Informationen auf den Objektstrahl (3),
- Optikumittel zum Überlappen des Objektstrahls (3) und des Referenzstrahls (4, 4') auf oder in einem lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterial (1) zur Einbelichtung des Hologramms, wobei im Betrieb der Vorrichtung nacheinander eine Mehrzahl von Abschnitten des lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterials (1) jeweils gleichzeitig mit dem Objektstrahl (3) und dem Referenzstrahl (4, 4') beaufschlagt werden, um Subhologramme zu erzeugen,

dadurch gekennzeichnet, dass die zum Überlappen von Objektstrahl (3) und Referenzstrahl (4, 4') dienenden Optikumittel derart ausgebildet sind, dass der Auftreffwinkel (α), unter dem der Referenzstrahl (4, 4') auf die Oberfläche eines ersten Abschnitts des Aufzeichnungsmaterials (1) trifft, unterschiedlich zu dem Auftreffwinkel (α') ist, unter dem der Referenzstrahl (4, 4') auf die Oberfläche eines zweiten Abschnitts des Aufzeichnungsmaterials (1) trifft, wobei die zum Überlappen von Objektstrahl (3) und Referenzstrahl (4, 4') dienenden Optikumittel mindestens eine Linse (9a, 13a) umfassen, durch die der Referenzstrahl (4, 4') auf dem Weg zu dem lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterial (1) hindurch treten kann, und wobei die Veränderung des Auftreffwinkels (α , α') des Referenzstrahls (4, 4') durch Veränderung des Auftreffpunkts des Referenzstrahls (4, 4') auf der mindestens einen Linse (9a, 13a) erreicht wird.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 geeignet ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet,**

net, dass die Vorrichtung auf einander gegenüberliegenden Seiten des lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterials (1) jeweils mindestens eine Linse (9a, 13a) umfasst, durch die der Referenzstrahl (4, 4') auf dem Weg zu dem lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterial (1) hindurch treten kann, wobei die Veränderung des Auftreffwinkels (α , α') des Referenzstrahls (4, 4') durch Veränderung des Auftreffpunkts des Referenzstrahls (4, 4') auf einer der Linsen (9a, 13a) erreicht wird.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Linse (9a, 13a) Teil eines, insbesondere aus zwei oder mehr Linsen (9a, 9b; 13a, 13b) bestehenden, Linsensystems (9, 13) ist, durch das der Referenzstrahl (4, 4') auf dem Weg zu dem lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterial (1) hindurch treten kann.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung ein Immersionsmittel (10), beispielsweise eine Immersionsflüssigkeit, umfasst, das zwischen der mindestens einen Linse (9a, 13a) oder einer Linse (9a, 9b; 13a, 13b) des Linsensystems (9, 13) und dem lichtempfindlichen Aufzeichnungsmaterial (1) beziehungsweise einem das lichtempfindliche Aufzeichnungsmaterial (1) tragenden Substrat (2a, 2b) angeordnet ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung ein Teleskop (6) umfasst, mit dem die Ausdehnung des Referenzstrahls (4, 4') verändert, insbesondere verkleinert werden kann.
14. Hologramm, insbesondere Replik-Hologramm, hergestellt durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und/oder mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei das Hologramm insbesondere für die Aufbringung auf eine gekrümmte Fläche und/oder für die Verwendung mit einer Lichtquelle mit einer vorgegebenen Divergenz vorgesehen ist.

15. Beleuchtungsvorrichtung für ein Fahrzeug, insbesondere Scheinwerfer für ein Fahrzeug, umfassend ein Hologramm nach Anspruch 14, wobei die Beleuchtungsvorrichtung insbesondere eine gekrümmte Fläche umfasst, auf der das Hologramm angeordnet ist.

Fig. 1

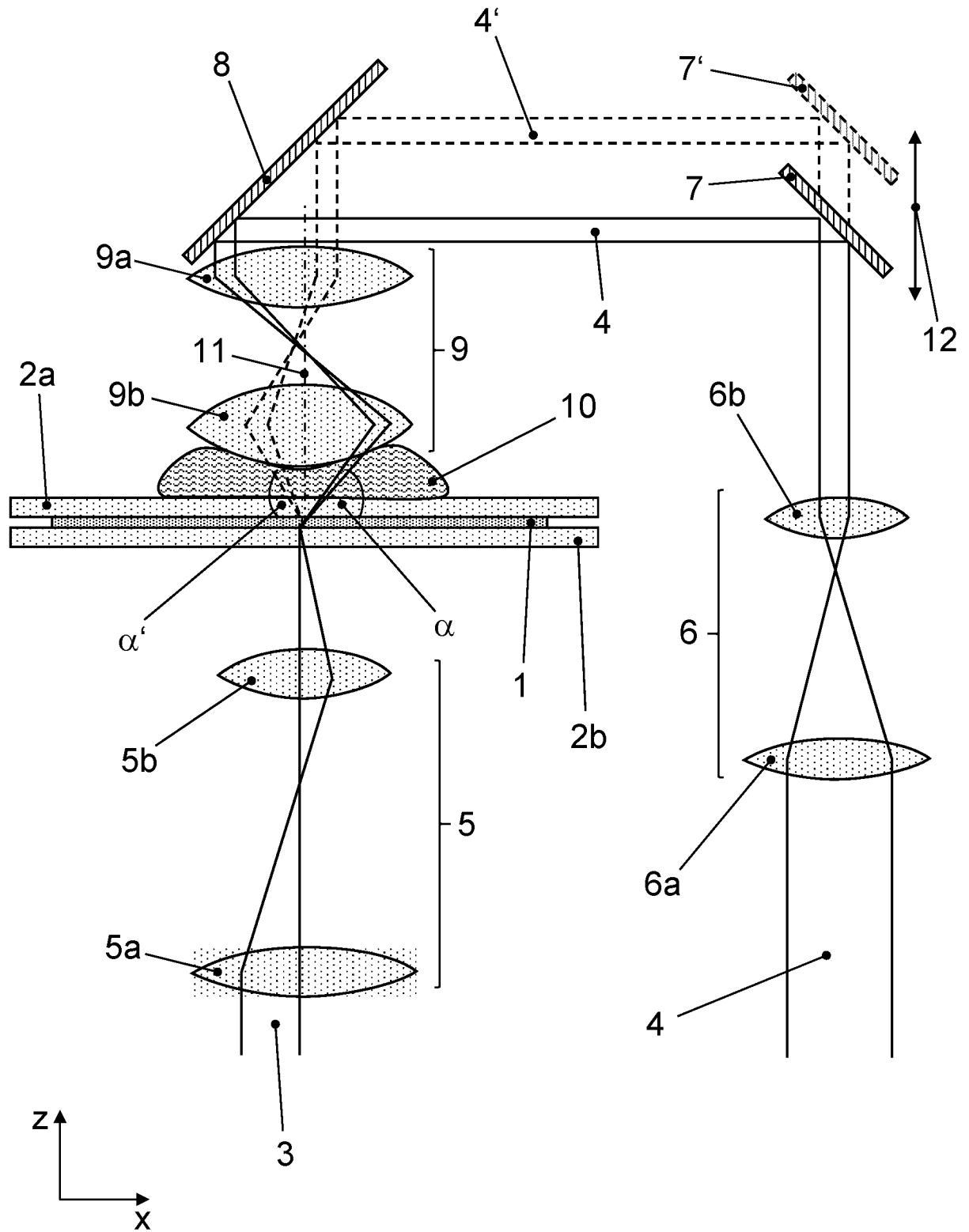


Fig. 2

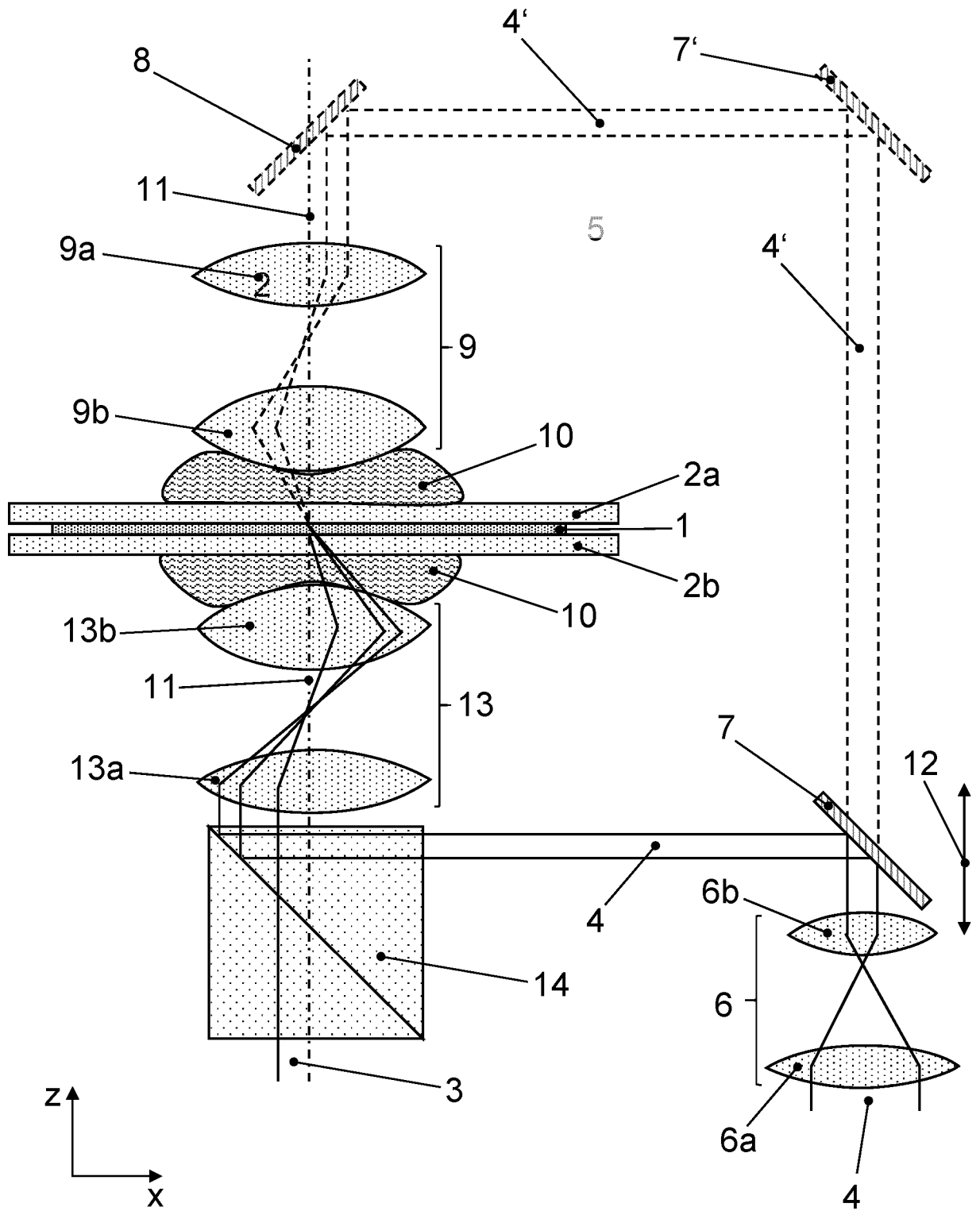


Fig. 3

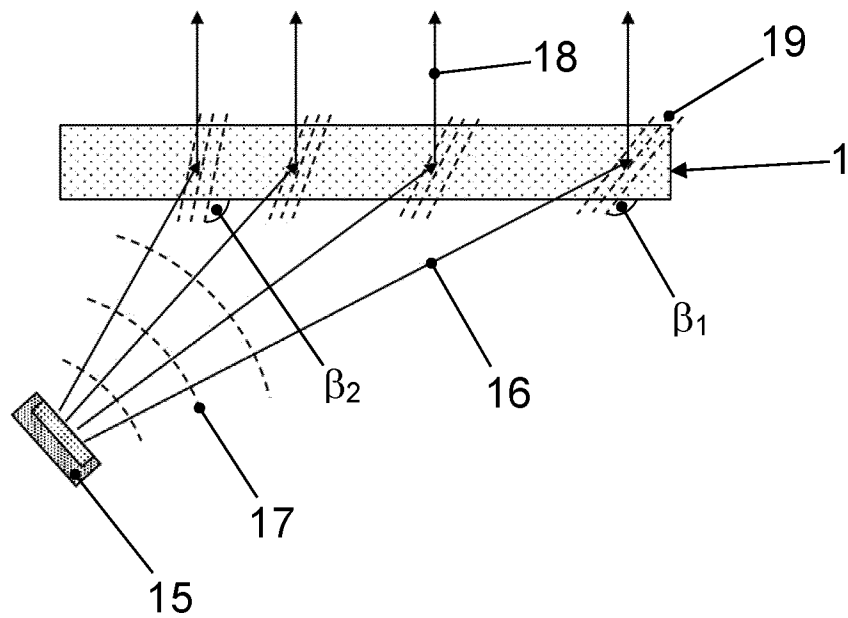
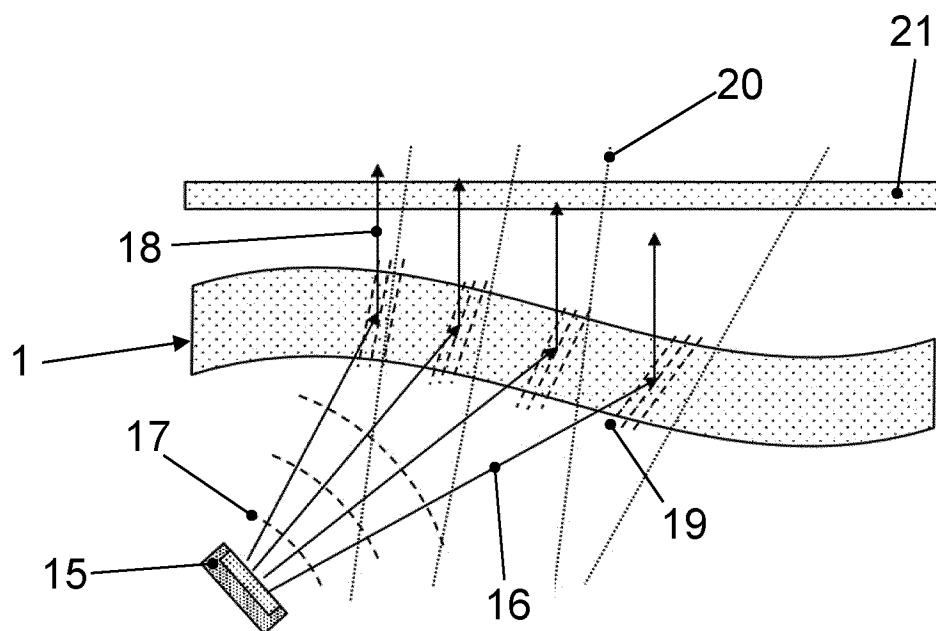


Fig. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/057754

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*G03H 1/02*(2006.01)i; *G02B 21/33*(2006.01)i; *G03H 1/04*(2006.01)i; *G03H 1/26*(2006.01)i; *G03H 1/30*(2006.01)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)

G03H; F21S; G02B

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.
X	US 2007206255 A1 (YAMAKAGE YUZURU [JP] ET AL) 06 September 2007 (2007-09-06) paragraphs [0031] - [0040], [0043] - [0060]; figures 1, 2, 4, 6	1-14
X	Kevin R Curtis ET AL. "3.4 Monocular Architecture" In: Holographic data storage : from theory to practical systems, John Wiley & Sons , pages 54-60, 01 January 2010 (2010-01-01), ISBN: 978-0-470-74962-3. XP055705106 section 3.4	1-14
A	NOBUHIRO KIHARA ET AL. "Personalized Hologram" <i>IS&T'S 2001 PICS CONFERENCE PROCEEDINGS</i> , 01 January 2001 (2001-01-01), pages 22-25 XP055704829 sections: "Hologram Printing System", "Optical System", "Edge-Lit Hologram Viewer"; page 22 - page 25	6,12
X	DE 102016107210 A1 (HELLA KGAA HUECK & CO [DE]) 19 October 2017 (2017-10-19) cited in the application paragraph [0030] - paragraph [0039]; figures 1-4	14,15



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

19 June 2020

Date of mailing of the international search report

01 July 2020

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

Lutz, Christoph

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/057754

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2007206255	A1	06 September 2007	CN	101034280	A	12 September 2007
				EP	1833048	A1	12 September 2007
				JP	2007240581	A	20 September 2007
				KR	20070091537	A	11 September 2007
				TW	200739290	A	16 October 2007
				US	2007206255	A1	06 September 2007
DE	102016107210	A1	19 October 2017	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G03H1/02 G02B21/33 G03H1/04 G03H1/26 G03H1/30 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G03H F21S G02B		
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.
X	US 2007/206255 A1 (YAMAKAGE YUZURU [JP] ET AL) 6. September 2007 (2007-09-06) Absätze [0031] - [0040], [0043] - [0060]; Abbildungen 1, 2, 4, 6 -----	1-14
X	Kevin R Curtis ET AL: "3.4 Monocular Architecture" In: "Holographic data storage : from theory to practical systems", 1. Januar 2010 (2010-01-01), John Wiley & Sons, XP055705106, ISBN: 978-0-470-74962-3 Seiten 54-60, Abschnitt 3.4 ----- -/-	1-14
☒ 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
19. Juni 2020		01/07/2020
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 Lutz, Christoph

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	NOBUHIRO KIHARA ET AL: "Personalized Hologram", IS&T'S 2001 PICS CONFERENCE PROCEEDINGS, 1. Januar 2001 (2001-01-01), Seiten 22-25, XP055704829, Abschnitte: "Hologram Printing System", "Optical System", "Edge-Lit Hologram Viewer"; Seite 22 - Seite 25 -----	6,12
X	DE 10 2016 107210 A1 (HELLA KGAA HUECK & CO [DE]) 19. Oktober 2017 (2017-10-19) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0030] - Absatz [0039]; Abbildungen 1-4 -----	14,15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/057754

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2007206255 A1	06-09-2007	CN 101034280 A	12-09-2007
		EP 1833048 A1	12-09-2007
		JP 2007240581 A	20-09-2007
		KR 20070091537 A	11-09-2007
		TW 200739290 A	16-10-2007
		US 2007206255 A1	06-09-2007

DE 102016107210 A1	19-10-2017	KEINE	
