

(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
24. Februar 2011 (24.02.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/020599 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
B29C 67/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/005062

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. August 2010 (18.08.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 037 815.4
18. August 2009 (18.08.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): SINTERMASK GMBH [DE/DE]; Eichenbühl
10, 92331 Parsberg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FRUTH, Carl
[DE/DE]; Eichenbühl 10, 92331 Parsberg (DE). HER-
MANN, David [DE/DE]; Eichenbühl 10, 92331 Parsberg
(DE).

(74) Anwalt: SCHNEIDER, Andreas; Oberer Markt 26, —
92318 Neumarkt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
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,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

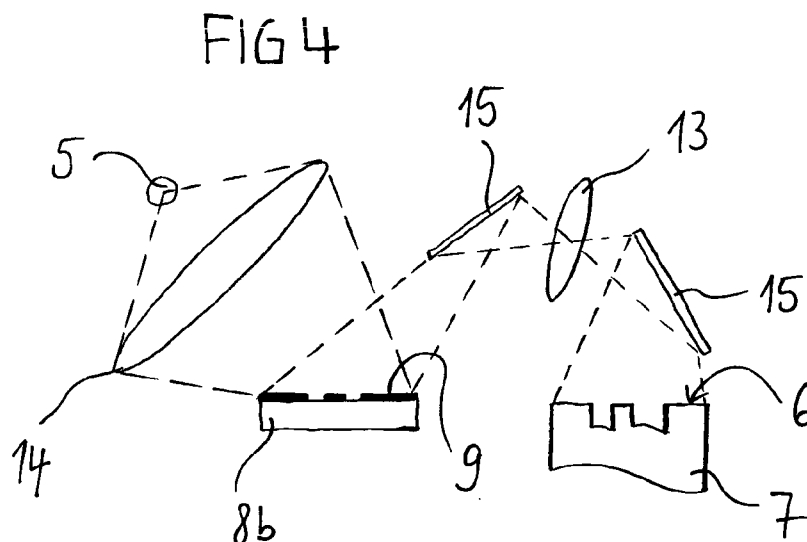
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING A THREE-DIMENSIONAL OBJECT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG EINES DREIDIMENSIONALEN OBJEK-
TES



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a three-dimensional object (7) by selectively fixing a construction material, whereby the surface of a mask (9) is irradiated by means of at least one radiation source (5). According to the invention, the mask (9) is arranged at a distance from the construction plane (6) and an optical imaging element (13) is used to produce a reproduction of the mask (9) on the construction plane (6).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes (7) durch selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials, bei dem eine Maske

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(9) mit wenigstens einer Strahlungsquelle (5) flächig bestrahlt wird. Es wird vorgeschlagen, die Maske (9) entfernt von der Aufbauebene (6) anzuordnen und unter Verwendung einer Abbildeoptik (13) ein Abbild der Maske (9) auf der Aufbauebene (6) zu erzeugen.

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes durch selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials, bei dem eine Maske mit wenigstens einer Strahlungsquelle flächig bestrahlt wird.

10

Aus dem Stand der Technik sind verschiedene generative Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Objekte bekannt, darunter beispielsweise das Lasersintern oder das SMS-Verfahren (Selective Mask Sintering), das nachfolgend auch als „Selektives Maskensintern“ bezeichnet wird. Bei diesen thermischen Verfahren werden mit Hilfe einer additiven Fertigungsmethode dreidimensionale Objekte direkt aus CAD-Daten hergestellt. Dabei erfolgt der Aufbau des Objektes schichtweise, indem Schichten eines Aufbaumaterials sukzessive übereinander aufgetragen werden. Vor dem Auftragen der jeweils nächsten Schichten werden die dem zu fertigenden Objekt entsprechenden Stellen in den jeweiligen Schichten selektiv verfestigt. Das Verfestigen erfolgt durch lokales Erhitzen des pulverförmigen Schichtrohmaterials mit Hilfe einer Strahlungsquelle. Indem gezielt Strahlung in geeigneter Weise in die gewünschten Bereiche eingebracht wird, kann dabei eine exakt definierte, beliebig geartete Objektstruktur erzeugt werden. Dabei ist auch die Schichtdicke einstellbar. Ein solches Verfahren ist insbesondere zur Herstellung von dreidimensionalen Körpern verwendbar, indem mehrere dünne, individuell gestaltete Schichten aufeinanderfolgend erzeugt werden.

30

Materialien, die in derartigen Schichtbauverfahren zum Einsatz kommen, sind beispielsweise Harze, Kunststoffe, Metalle oder Keramiken. Anlagen, mit denen ein solches Schichtbauverfahren durchgeführt wird, werden auch als
5 Schichtbauanlagen, oder Rapid Prototyping-Systeme bezeichnet.

Auch beim selektiven Maskensintern wird Pulver schichtweise aufgetragen und selektiv aufgeschmolzen. Im Unterschied zum Lasersintern wird jedoch anstelle einer punktförmigen
10 Laserquelle eine flächig wirkende Strahlungsquelle, zumeist ein Infrarotstrahler, verwendet, der die Maske flächig bestrahlt. Damit wird ein lokales Aufschmelzen einer ganzen Objektebene in einem Schritt ermöglicht und die Belichtungszeit einer Schicht ist unabhängig von der
15 Komplexität des Bauteils.

Üblicherweise wird die Maske aus IR-absorbierendem Material (z.B. Toner) auf einen transparenten Maskenträger, beispielsweise eine Glasscheibe, gedruckt, der dann
20 unmittelbar über einem im Bauraum angeordneten Pulverbett platziert wird. Anschließend werden mit dem Infrarotstrahler alle nicht durch die Maske abgedeckten Bereiche in der Aufbauebene belichtet und aufgeschmolzen. Die Schicht entsteht nach dem Abkühlen durch Wärmeleitung in das Pulver
25 und in das teilfertige Bauteil.

Der Infrarotstrahler erwärmt mit anderen Worten die Oberfläche des Pulverbettes durch die Maske hindurch und schmilzt die Partikel lokal auf. Diese bilden nach dem
30 Erstarren eine Schicht des herzustellenden Bauteils. Dieser Prozeß wird Schicht für Schicht wiederholt, wobei entsprechend der zu erzeugenden Objektebene bei jedem Belichtungsschritt eine entsprechend strukturierte Maske

verwendet wird. Mit anderen Worten wird die Maske nach jedem Belichtungsschritt von dem Maskenträger gelöscht und der Maskenträger wird mit einer neuen Maske bedruckt.

5 Zugleich wird die Bauplattform nach jeder Belichtung um eine definierte Schichtdicke abgesenkt und der abgesenkte Bauraum wird mit frischem Pulver aufgefüllt und mit einem mit einem raketähnlichen Verteiler aufgetragen. Parallel dazu wird der Maskenträger aus dem Bauraum gefahren, gereinigt und mit der
10 neuen Maske versehen. Dann beginnt der Prozeß erneut, bis alle Schichten belichtet sind und damit das Objekt vollständig hergestellt ist.

Durch die Verwendung mehrerer Lichtquellen sowie durch
15 Beugungseffekte entstehen hinter der Maske unterschiedliche Schattenbereiche, wie Kernschatten und Halbschatten, sowie auch sogenannte farbige Schatten aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Wellenlängenbereiche. Daher ist es bei allen bisher bekannten Aufbautechniken erforderlich, daß die
20 schattenbildende Maske direkt vor bzw. direkt über der zu belichtenden Schicht angeordnet ist. Mit anderen Worten wird bei allen aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren angestrebt, den Abstand zwischen Maske und Aufbauebene so gering wie möglich zu halten.

25 Zur Verringerung des Abstandes wurde beispielsweise vorgeschlagen, die Maske nicht auf der Oberseite, sondern an der Unterseite des Maskenträgers anzubringen. Davon abgesehen, daß sich auch dadurch die Beugungseffekte nicht
30 vollständig beseitigen lassen, ist es von Nachteil, daß bei diesem Lösungsansatz Maskierungsmaterial (Toner) auf das Bauteil herabfällt und die Objektschicht verunreinigt.

Bei allen bisher bekannten Verfahren von Nachteil ist es zudem, daß die Maske aufgrund der Bestrahlung sehr heiß wird, wobei beispielsweise Temperaturen zwischen 150° und 190° Celsius auftreten können. Die Temperaturstabilität des Maskierungsmaterials ist jedoch gering, so daß einmal verwendetes Maskierungsmaterial in der Regel nicht ein zweites Mal verwendet werden kann.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Herstellung eines dreidimensionalen Objektes vor dem Hintergrund der aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile bekannter Verfahren zu optimieren. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 bzw. durch eine Vorrichtung nach Anspruch 15 gelöst.

15

Danach wird ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes durch selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials vorgeschlagen, bei dem eine Maske mit wenigstens einer Strahlungsquelle flächig bestrahlt wird, wobei dieses Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, daß die Maske entfernt von der Aufbauebene angeordnet ist und unter Verwendung einer Abbildeoptik ein Abbild der Maske auf der Aufbauebene erzeugt wird.

Zugleich wird eine Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes durch selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials vorgeschlagen, wobei eine Maske mit wenigstens einer Strahlungsquelle flächig bestrahlt wird, mit einem Maskensystem, umfassend eine Maske, mit wenigstens einer Strahlungsquelle und mit einer Baukammer zur Aufnahme einer Aufbauebene, wobei diese Vorrichtung dadurch gekennzeichnet ist, daß die Maske entfernt von der Aufbauebene angeordnet ist und unter Verwendung einer

Abbildeoptik ein Abbild der Maske auf der Aufbauebene erzeugt wird.

Vor dem Hintergrund des durch die Erfindung bereitgestellten
5 Herstellungsverfahrens wird zudem ein neuartiges
Aufbaumaterial sowie dessen Verwendung beschrieben (Ansprüche
22 und 25). Es wird ein Aufbaumaterial für die Herstellung
eines dreidimensionalen Objektes durch selektives Verfestigen
vorgeschlagen, wobei das Aufbaumaterial wenigstens eine
10 Materialeigenschaft aufweist, welche durch Bestrahlung des
Materials in Abhängigkeit von der verwendeten Strahlung
aktivierbar ist.

Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind in den
15 Unteransprüchen angegeben. Die im Folgenden im Zusammenhang
mit dem Verfahren erläuterten Vorteile und Ausgestaltungen
gelten sinngemäß auch für das erfindungsgemäße System und
umgekehrt.

20 Eine Kernidee der Erfindung ist es, die oben geschilderten
Probleme zu umgehen, indem die Maske entfernt von der
Aufbauebene angeordnet wird. Mit anderen Worten wird
vorgeschlagen, den Abstand zwischen der Aufbauebene
einerseits und der von der wenigstens einen Strahlungsquelle
25 flächig bestrahlten Maske andererseits zu vergrößern. Dies
wird erfindungsgemäß erreicht durch die Verwendung einer
Abbildeoptik, beispielsweise in Gestalt eines Linsensystems.
Mit der Erfindung wird ein weiterentwickeltes
Maskensinterverfahren bereitgestellt, bei dem eine flächige
30 Bestrahlung der Maske und damit verbunden ein Aufschmelzen
einer ganzen Objektebene in einem einzigen Schritt mit einer
entfernt von der Aufbauebene angeordneten Maske kombiniert
wird. Im Ergebnis wird auf der Aufbauebene nicht, wie bei

bekannten Systemen, ein Maskenschatten abgebildet. Statt dessen wird eine Abbildung der Maske auf die Aufbauebene projiziert. Anders als bei herkömmlichen Verfahren, können extrem große Energiemengen übertragen und für die

5 Maskenprojektion verwendet werden. Dadurch ist es möglich, die Auflösung und die Abbildungsgenauigkeit gegenüber bekannten Systemen zu erhöhen.

Unter dem Begriff der Abbildeoptik wird dabei ein optisches

10 System verstanden, das zur Realisierung einer optischen Abbildung ausgebildet ist. Mit anderen Worten wird durch Vereinigung von elektromagnetischer Strahlung, die von einem Punkt eines Gegenstandes ausgeht, mit Hilfe des optischen Systems in einem Bildpunkt ein Abbild erzeugt. Bezogen auf

15 die vorliegende Erfindung bedeutet dies, daß die Abbildeoptik ein Abbild der Maske in der Aufbauebene erzeugt, welches sich in der Baukammer befindet. Durch die Verwendung der Abbildeoptik kann, anders ausgedrückt, die Maske an einer nahezu beliebigen Position angeordnet sein.

20

Um die Maske mit der von der Strahlungsquelle ausgehenden Strahlung flächig zu bestrahlen, ist zudem ein Belichtungssystem vorgesehen, das mit der Maske einerseits und mit der Abbildeoptik andererseits zusammenwirkt, um die

25 erfindungsgemäße Wirkung zu erzielen.

Sowohl das Belichtungssystem, als auch die Abbildeoptik und die Position der Maske sind dabei vorzugsweise derart aufeinander abgestimmt, daß ein überwiegender Teil der von

30 der flächig bestrahlten Maske ausgehenden unerwünschten Strahlung (diffuse Transmission, diffuse Reflexion) nicht in die Abbildeoptik gelangt. In Verbindung mit der endlichen Apertur der Abbildeoptik kann die Bildung unerwünschter

Schatten damit im wesentlichen ausgeschlossen werden. Die Verwendung der Abbildeoptik dient somit auch zur Erhöhung des Kontrastes des Abbildes. Darüber hinaus können durch die Abbildeoptik die durch verschiedene Wellenlängen entstehenden
5 Abbildefehler, wie beispielsweise eine chromatische Aberration, ausgeglichen werden.

Wird die Maske mit Hilfe der Abbildeoptik auf die Aufbauebene projiziert, dann erfolgt mit anderen Worten eine vergrößerte,
10 verkleinerte oder anders modifizierte Übertragung des Maskenbildes auf die Aufbauebene, die dann als Projektionsfläche dient. Mit der Erfindung können somit einerseits sehr kleine hochaufgelöste Objekte und andererseits sehr große Objekte mit geringer Auflösung in
15 einer einzigen Schichtbauanlage hergestellt werden. Durch die aufgrund der Projektion mögliche Vergrößerung bzw. Verkleinerung wird in Verbindung mit verschiedenen Auflösungen der Maske mit der Erfindung ein besonders universell einsetzbares additives Fertigungsverfahren
20 bereitgestellt.

Erfolgt eine Verkleinerung der Maske, wird damit durch die Abbildeoptik zugleich auch die Energiedichte in der Aufbauebene erhöht. Die Maske dient mit anderen Worten als
25 „Verstärker“, wobei zum einen die in die Aufbauebene pro Zeiteinheit eingebrachte Energiemenge, als auch zum anderen die pro Oberflächeneinheit der Aufbauebene eingebrachte Energiemenge individuell gesteuert, insbesondere erhöht werden kann.

30

Unter einer Maske wird bei der vorliegenden Erfindung eine Struktur verstanden, die eine selektive Transmission von Strahlung erlaubt. Jede Maske umfaßt anders ausgedrückt

durchlässige Bereiche („Öffnungen“) und undurchlässige Bereiche und wird von der Strahlung, welche von der Strahlungsquelle abgegeben wird, wenigstens einmal durchstrahlt, wobei die Strahlung bei der Durchstrahlung
5 zumindest teilweise absorbiert wird.

Die Erfindung ist unabhängig von der verwendeten Maskentechnologie. Bei den eingesetzten Masken kann es sich somit einerseits um die bereits erwähnten Tonermasken
10 handeln, bei denen ein Toner als Maskierungsmaterial auf eine als Maskenträger dienende Glasplatte oder dergleichen aufgedruckt wird. Anstelle von Tonermasken können aber auch LCD-Masken verwendet werden bzw. Masken, die nach dem e-Paper-Prinzip funktionieren. Im folgenden wird beispielhaft
15 davon ausgegangen, daß eine Tonermaske Verwendung findet.

Vorzugsweise besteht die Maske aus zumindest teilweise absorbierendem Maskierungsmaterial. In einer anderen Ausführungsform wird ein Maskierungsmaterial verwendet, das
20 die eingehende Strahlung ungerichtet, also diffus reflektiert. Mit anderen Worten erfolgt an der Maske entweder eine zumindest teilweise Absorption oder aber eine diffuse Reflexion der eintreffenden Strahlung.

25 Die Maske kann dabei entweder auf einem transparenten oder aber einem reflektierenden Maskenträger aufgetragen sein. Mit anderen Worten kann der Maskenträger ebenso wie die Maske selbst durchstrahlt werden oder aber es erfolgt eine diffuse Reflexion der die Maske flächig bestrahlenden Strahlung auf
30 dem Maskenträger. Bei der Verwendung eines solchen Spiegelsystems wird die Maske zweimal durchstrahlt, da die einmal die Maske durchstrahlende Strahlung an dem Maskenträger reflektiert wird und daraufhin ein zweites Mal

die Maske durchstrahlt, bevor sie die Maske wieder verläßt. Da die Maske in diesem Fall zweimal durchstrahlt wird, kann die optische Dichte des Maskierungsmaterials geringer sein, als dies bei einer einmaligen Durchstrahlung notwendig ist.

- 5 In der Folge kann entweder ein anderes Maskierungsmaterial verwendet werden oder aber es muß weniger Maskierungsmaterial auf den Maskenträger aufgetragen werden als im Fall eines transparenten Maskenträgers.
- 10 Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Temperatur des Maskenträgers veränderbar ist. Dies kann einerseits durch eine „passive“ Temperierung erfolgen, beispielsweise dadurch, daß ein Maskenträger aus Metall verwendet wird, bei dem aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit eine rasche Wärmeabfuhr
- 15 der von dem Maskierungsmaterial aufgenommenen und in den Maskenträger übertragenen Energie und damit eine Kühlung der Maske stattfindet. Alternativ oder zusätzlich dazu kann eine „aktive“ Temperierung des Maskenträgers erfolgen. Insbesondere ist eine aktive Kühlung des Maskenträgers
- 20 möglich, so daß die Temperaturbelastung des Maskierungsmaterials insgesamt verringert werden kann. Selbstverständlich ist es alternativ dazu ebenfalls möglich, den Maskenträger zu erwärmen.
- 25 Ist die Temperaturbelastung des Maskierungsmaterials nur gering, kann dieses mehrfach, d. h. für mehrere Aufschmelzvorgänge verwendet werden.

- In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung
- 30 ist die wenigstens eine Strahlungsquelle beweglich angeordnet. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn durch eine Bewegung der Strahlungsquelle eine besonders

gleichmäßige Energiemenge pro Flächeneinheit auf die Aufbauebene erreicht werden kann.

Sind mehrere Strahlungsquellen vorgesehen, die gleichzeitig
5 oder aber alternativ zueinander verwendet werden können, lassen sich eine Vielzahl weiterer Vorteile realisieren.

So ist es dann zum einen möglich, die insgesamt eingebrachte Energiemenge bzw. die Energiedichte im Abbild zu erhöhen. Da
10 pro Zeiteinheit besonders viel Energie in die Aufbauebene eingebracht werden kann, wird das Aufschmelzen und damit der Bauprozess beschleunigt.

Während mit herkömmlichen Projektionssystemen nur
15 vergleichsweise geringe Leistungen erreicht werden können, arbeitet die erfindungsgemäße Technologie in völlig anderen Leistungsdimensionen. So liegt die bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendeten Energiedichte beim Aufschmelzen von herkömmlichen Kunststoffmaterial, z. B.
20 Polyamid, in einem Bereich von 1 bis 10 Watt pro Quadratzentimeter, vorzugsweise in einem Bereich von 2 bis 5 Watt pro Quadratzentimeter. Bei herkömmlichen Anlagen liegen die Energiedichten hingegen typischerweise in einem Bereich von 0,001 bis 0,05 Watt pro Quadratzentimeter.

25 Die letzte optische Komponente des Projektionssystems (der Abbildeoptik) überträgt vorzugsweise eine Strahlungsleistung von mindestens einem Kilowatt. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung empfängt die Aufbauebene eine
30 Energie von 2 bis 5 Kilowatt.

Mit Hilfe der Erfindung ist es möglich, den auf der Aufbauebene auftreffenden Energiestrom zu erhöhen. Kommen

dabei spektral schmalbandige Strahlungsquellen zum Einsatz, kann der Kontrast und damit die Auflösungs- bzw. Abbildegengenauigkeit, d.h. die Genauigkeit, mit der die Maske auf der Aufbauebene abgebildet wird, erheblich erhöht werden.

5 Bei der Verwendung breitbandiger Strahlungsquellen kann hingegen mehr Energie zulasten der Auflösungsgenauigkeit übertragen werden. Der Betrieb einer Schichtbauanlage, in der sowohl schmalbandige, als auch breitbandige Strahlungsquellen vorgesehen sind, kann daher einfach an verschiedene
10 Anforderungen angepaßt werden. Eine derartige Schichtbauanlage ist besonders universell einsetzbar.

Werden mehrere Strahlungsquellen verwendet, ist es darüber hinaus zur Vermeidung von Abbildungsfehlern von Vorteil, wenn
15 die Abmessungen der Quellen möglichst gering sind. Vorzugsweise werden solche Strahlungsquellen verwendet, die möglichst idealen Punktquellen entsprechen.

Darüber hinaus ist es bei der Verwendung mehrerer
20 Strahlungsquellen möglich, in unterschiedliche Teilbereiche des Abbilds unterschiedliche Energiemengen einzubringen. Damit ist eine selektive Belichtung möglich.

Verschiedene weitere Belichtungsvarianten können verwirklicht
25 werden, wenn es sich bei den mehreren Strahlungsquellen zugleich um Quellen mit unterschiedlicher Leistung und/oder mit unterschiedlichen Wellenlängen bzw. Wellenlängenspektren handelt. Dann ist es nicht nur möglich, bestimmte Teilbereiche des Abbildes von mehreren, gegebenenfalls
30 verschiedenartigen Strahlungsquellen bestrahlen zu lassen. Es kann auch gesteuert werden, in welche Teilbereiche des Abbildes welche Energiemengen eingebracht werden. Darüber hinaus ist die Maximalleistung jedes Belichtungsschrittes

individuell einstellbar und es können bei der Herstellung des dreidimensionalen Objektes Aufbaumaterialien verwendet werden, deren Materialeigenschaften wellenlängenabhängig aktivierbar sind, wie dies weiter unten näher beschrieben wird.

Bei der Verwendung mehrerer Strahlungsquellen kann vorgesehen sein, daß diejenigen Strahlungsquellen, die vollständig maskierte Teile des Abbilds mit Energie versorgen würden, während des Befestigungsvorgangs abgeschaltet werden. Damit kann eine unnötige Aufwärmung der Maske bzw. des Maskenträgers vermieden werden.

Der vergrößerte Abstand zwischen der Maske und der Aufbauebene führt konstruktiv zu einer Trennung von Maskensystem und Baukammer. Hierdurch ergibt sich nicht nur eine geringere Temperaturbelastung des Maskierungsmaterials. Auch die Temperaturverteilung in der Baukammer kann gegenüber den herkömmlichen Verfahren verbessert werden, da eine definierte Baukammeratmosphäre (Druck, Temperatur, ...) in der Baukammer geschaffen werden kann. Insbesondere kann in der Baukammer ein Vakuum erzeugt werden, wodurch ein besonders sauberes Herstellungsverfahren möglich ist. Ist zudem die Abbildeoptik derart ausgebildet, daß sie die Baukammer begrenzt, ist auch kein „optisches Fenster“ in der Baukammer erforderlich.

Die Abbildeoptik selbst umfaßt vorzugsweise wenigstens eine Linse. In der Praxis wird in der Regel ein Linsensystem verwendet werden. Das Belichtungssystem umfaßt vorzugsweise einen zwischen der Strahlungsquelle und der Maske angeordneten Homogenisator („Lichtmischer“), der die von der Strahlungsquelle kommende Strahlung auf die Maske lenkt und

eine vollflächige Bestrahlung der Maske sicherstellt.
Anstelle des Homogenisators können auch andere optische
Elemente als Bestandteile des Belichtungssystems verwendet
werden.

5

In einer Ausführungsform der Erfindung umfaßt die
Abbildeoptik einen reflektierenden Maskenträger und eine
Offner-Relay-Anordnung. Dabei handelt es sich um eine nicht
vergrößernde optische Baugruppe mit zwei konzentrischen
10 Spiegeln, bei der alle größeren Abberationen effektiv
ausgelöscht werden. Grundlagen zum Prinzip einer solchen
Anordnung sind z.B. in US 3,748,015 beschrieben. Auch im
vorliegenden Fall wird die Offner-Relay-Anordnung in erster
Linie dazu verwendet, um Fehler aus der Abbildung zu
15 eliminieren. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform
der Erfindung ist die Offner-Relay-Anordnung die einziges
optische Baugruppe der Abbildeoptik.

Der Maskenträger ist vorzugsweise beweglich angeordnet
20 derart, daß er zum Wechsel der Maske aus dem Strahlengang der
Abbildeoptik herausbewegt werden kann. Zur Vergrößerung bzw.
Verkleinerung des Abbildes der Maske wird vorzugsweise nicht
der Maskenträger bewegt. Vielmehr erfolgt eine entsprechende
Positionierung der Elemente der Abbildeoptik, beispielsweise
25 einzelner Linsen.

Werden Strahlungsquellen mit unterschiedlichen Wellenlängen
bzw. Wellenlängenspektren verwendet, z.B. Infrarot-
Strahlungsquellen, Ultraviolett-Strahlungsquellen usw., so
30 ist dem Aufbaumaterial, welches zumeist in Pulverform
vorliegt, neben dem Grundmaterial, welches bei der Absorption
von Strahlung einer bestimmten Arbeitswellenlänge
aufschmilzt, ein zusätzliches Absorbermaterial beigemischt.

Dieses zusätzliche Absorbermaterial absorbiert Strahlung bei einer weiteren, von der Arbeitswellenlänge verschiedenen Wellenlänge bzw. Strahlung eines weiteren Wellenlängenspektrums. Zugleich wird durch die Absorption dieser weiteren Strahlung eine bestimmte Eigenschaft des Aufbaumaterials aktiviert. So ist es beispielsweise möglich, definierte Bereiche, die nicht nur mit der Arbeitswellenlänge, sondern zugleich mit der weiteren Wellenlänge bestrahlt werden, einzufärben, wenn durch die Absorption der zusätzlichen Wellenlänge eine Farbänderung im Aufbaumaterial erfolgt. Andere Materialeigenschaften, welche durch Absorption von Strahlung einer bestimmten Wellenlänge aktivierbar sind, sind möglich. Darüber hinaus ist es auch möglich, ein Aufbaumaterial vorzusehen, welches auf verschiedene Arbeitswellenlängen reagiert, wobei eine der Arbeitswellenlängen zugleich auch eine Wellenlänge ist, mit der eine bestimmten Materialeigenschaft aktivierbar ist.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung einer Schichtbauanlage nach dem Stand der Technik,

Fig. 2 eine Darstellung einer erfindungsgemäßen Schichtbauanlage,

Fig. 3 eine Darstellung des Strahlengangs bei einem Durchstrahlen des Maskenträgers,

Fig. 4 eine Darstellung des Strahlengangs bei einem Spiegelsystem,

Fig. 5 eine Darstellung des Strahlengangs bei mehreren Strahlungsquellen und

Fig. 6 eine Darstellung des Strahlengangs bei einem
5 Spiegelsystem mit mehreren Strahlungsquellen.

Sämtliche Figuren zeigen die Erfindung lediglich schematisch und mit ihren wesentlichen Bestandteilen. Gleiche
Bezugszeichen entsprechen dabei Elementen gleicher oder
10 vergleichbarer Funktion.

Eine aus dem Stand der Technik bekannte Schichtbauanlage ist schematisch in Fig. 1 abgebildet. In der den Bauraum 1 begrenzenden Baukammer 2 der Anlage ist ein optisches Fenster
15 3 vorgesehen, durch das Infrarotstrahlung 4 von einer außerhalb der Baukammer 2 angeordneten Strahlungsquelle 5 in die Baukammer 2 eintreten kann. Die dort unmittelbar oberhalb der Aufbauebene 6 des herzustellenden Objektes 7 auf einem Maskenträger 8 angeordnete Tonermaske 9 wird mit der
20 Infrarotstrahlung 4 flächig bestrahlt, wodurch eine Schicht des Objektes 7 aufgebaut wird. Nach der Belichtung der Schicht fährt das Pulverbett 11 einen definierten Weg nach unten und der Maskenträger 8 wird zum Aufdrucken der für die Belichtung der nächsten Schicht benötigten Maske 9 durch
25 einen Drucker 12 aus der Baukammer 2 herausgefahren.

In Fig. 2 ist im Gegensatz dazu eine erfindungsgemäße Schichtbauanlage schematisch dargestellt. Das hier verwendete Maskensystem ist außerhalb der Baukammer 2 angeordnet.
30 Insbesondere ist der Maskenträger 8 mit der Tonermaske 9 entfernt von der sich in der Baukammer 2 befindenden Aufbauebene 6 und zwar außerhalb der Baukammer 2 und räumlich von dieser getrennt angeordnet. Die Baukammer 2 selbst ist

abgeschlossen. Im Inneren der Baukammer 2 und somit im Bauraum 1 liegt ein Vakuum an. Die Baukammer 2 ist konstruktiv durch ein Element 13 einer Abbildeoptik begrenzt. Bei dem Element 13 der Abbildeoptik, welches eine
5 Baukammerbegrenzung bildet, handelt es sich beispielsweise um eine Linse des Linsensystems der Abbildeoptik.

Als Strahlungsquelle 5 dient ein Infrarotstrahler. Dieser bestrahlt die Maske 9 vollflächig. Weitere Elemente der Abbildeoptik sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht
10 abgebildet. Das Element 13 symbolisiert in der dargestellten Variante die gesamte Abbildeoptik schematisch. Tatsächlich umfaßt die Abbildeoptik zumeist mehrere, in der Regel auch unterschiedlich optische Elemente, wie beispielsweise Linsen,
15 Filter, Spiegel oder dergleichen.

Die von der Strahlungsquelle bestrahlte Tonermaske 9 ist außerhalb der Baukammer 2, entfernt von der Aufbauebene 6 angeordnet. Das Abbild der Maske 9 auf der Aufbauebene 6 wird
20 unter Verwendung der Abbildeoptik erzeugt, indem ein Abbild der Maske 9 auf die Aufbauebene 6 projiziert wird.

In der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform der Erfindung ist die Maske 9 auf einem transparenten Maskenträger 8a
25 angeordnet. Die von der Strahlungsquelle 5 ausgesandte Infrarotstrahlung 4 wird unter Verwendung eines zwischen der Strahlungsquelle 5 und der Maske 9 angeordneten Homogenisators 14 vollflächig auf die Maske 9 aufgebracht und durchstrahlt sowohl die Maske 9, als auch den Maskenträger 8,
30 bevor sie in die Abbildeoptik eingekoppelt und auf die Aufbauebene 6 projiziert wird. Die Abbildeoptik wird dabei wieder durch das optische Element 13 symbolisiert. Der Homogenisator 14 steht stellvertretend für das

Belichtungssystem. Anstelle des Homogenisators 14 könnte das Belichtungssystem auch eine Sammellinse oder ein anderes optisches Bauelement umfassen.

5 In der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform der Erfindung ist die Maske 9 auf einem reflektierenden Maskenträger 8b angeordnet. Der Auftrag des Maskierungsmaterials kann wegen des doppelten Durchtritts der Infrarotstrahlung 4 durch die Maske 9 entsprechend optimiert werden. Die Abbildeoptik
10 umfaßt hier neben einer Linse 13 auch zwei Spiegel 15.

Bei den gezeigten Ausführungsformen der Erfindung kann der Maskenträger 8 aktiv gekühlt werden, so daß das zur Erzeugung der Maske 9 verwendete Maskierungsmaterial (Toner) mehrfach
15 verwendet werden kann.

In der in Fig. 5 dargestellten Ausführungsform der Erfindung sind mehrere Strahlungsquellen 5 vorgesehen, die gleichzeitig verwendet werden, so daß in unterschiedliche Teilbereiche des
20 Abbilds in der Aufbauebene 6 verschiedene Energiemengen eingebracht werden können.

Zugleich werden Strahlungsquellen 5 mit unterschiedlichen Leistungen und unterschiedlichen Wellenlängen bzw.
25 Wellenlängenspektren verwendet, so daß der Energieeintrag für ausgewählte Bereiche des Abbilds individuell gesteuert werden kann. Durch die Verwendung von Aufbaumaterialien, deren Eigenschaften wellenlängenselektiv aktivierbar sind, können somit Objekte mit individuellen Objekteigenschaften
30 hergestellt werden. Strahlungsquellen 5, welche nicht zur Verfestigung der Aufbauebene 6 beitragen, sind dabei ausgeschaltet.

In der in Fig. 6 dargestellten Ausführungsform der Erfindung wird, wie bei der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform, ein reflektierender Maskenträger 8b verwendet. Anders als dort, kommen jedoch mehrere, nahezu punktförmige

5 Strahlungsquellen zum Einsatz. Die Abbildeoptik umfaßt hier keine Linse, sondern eine Offner-Relay-Anordnung 16 mit einem zentralen konvexen Spiegel 17 und einem konkaven Spiegel 18. Die von den Strahlungsquellen abgegebene, auf die Maske 9 auftreffende Strahlung durchdringt die Maske 9 zweimal, da
10 sie an dem Maskenträger 8b reflektiert wird. Die von der Maske 9 ausgehende Strahlung trifft auf den ersten reflektierenden Bereich 19 der Offner-Relay-Anordnung 16. Nach drei Reflexionen innerhalb der Anordnung 16 verläßt die Strahlung diese und wird auf die Aufbauebene 6 projiziert.
15 Die beiden reflektierenden Bereichen 19 und 20 gehören zu dem selben Spiegel 18 der Offner-Relay-Anordnung 16.

Sowohl die Abbildeoptik, als auch das Belichtungssystem ist den dargestellten Ausführungsformen lediglich symbolisch
20 dargestellt. Beide Systeme können, je nach Ausführung und gewünschtem Ergebnis, alle möglichen optischen Bauelemente umfassen. Anstelle der beispielhaft genannten Infrarotstrahler können Strahlungsquellen verwendet werden, die mit anderen Wellenlängen oder Wellenlängenbereichen
25 arbeiten.

Alle in der Beschreibung, den nachfolgenden Ansprüchen und der Zeichnung dargestellten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander
30 erfindungswesentlich sein.

Bezugszeichenliste

	1	Bauraum
	2	Baukammer
	3	optisches Fenster
	4	Infrarotstrahlung
5	5	Strahlungsquelle
	6	Aufbauebene
	7	Objekt
	8	Maskenträger
	9	Maske
10	10	(frei)
	11	Pulverbett
	12	Drucker
	13	Element der Abbildeoptik
	14	Homogenisator
15	15	Spiegel
	16	Offner-Relay-Anordnung
	17	erster Spiegel
	18	zweiter Spiegel
	19	erster reflektierender Bereich
20	20	zweiter reflektierender Bereich

Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes (7) durch selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials, bei
5 dem eine Maske (9) mit wenigstens einer Strahlungsquelle (5) flächig bestrahlt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Maske (9) entfernt von der Aufbauebene (6) angeordnet ist und unter Verwendung einer Abbildeoptik (13) ein Abbild der Maske (9) auf der Aufbauebene (6) erzeugt wird.
10
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abbild der Maske (9) auf die Aufbauebene (6) projiziert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
15 daß die Maske (9) von der von der Strahlungsquelle (5) abgegebenen Strahlung (4) wenigstens einmal durchstrahlt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch
20 gekennzeichnet, daß die Maske (9) aus zumindest teilweise die Wellenlänge bzw. das Wellenlängenspektrum der verwendeten Strahlungsquelle (5) absorbierenden Maskierungsmaterial und/oder aus die Wellenlänge bzw. das Wellenlängenspektrum der verwendeten Strahlungsquelle (5) diffus reflektierenden
25 Maskierungsmaterial besteht.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Maske (9) auf einem transparenten Maskenträger (8a) angeordnet ist.
30
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Maske (9) auf einem reflektierenden Maskenträger (8b) angeordnet ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Maskenträgers (8) veränderbar ist.

5

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Maskierungsmaterial mehrfach verwendet wird.

10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Strahlungsquelle (5) beweglich angeordnet ist.

15 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Strahlungsquellen (5) vorgesehen sind, welche gleichzeitig oder alternativ zueinander verwendet werden.

20 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß in erste Teilbereiche des Abbilds eine andere Energiemenge eingebracht wird, als in zweite Teilbereiche des Abbilds.

25 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß gleichzeitig Strahlungsquellen (5) mit unterschiedlicher Leistung verwendet werden.

30 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß gleichzeitig Strahlungsquellen (5) mit unterschiedlichen Wellenlängen bzw. Wellenlängenspektren verwendet werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß Strahlungsquellen (5), welche nicht zur Verfestigung der Aufbauebene (6) beitragen, während des Verfestigungsvorgangs nicht aktiviert sind.

5

15. Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes (7) durch selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials, wobei eine Maske (9) mit wenigstens einer Strahlungsquelle (5) flächig bestrahlt wird,

- 10 - mit einem Maskensystem (8, 9, 12), umfassend eine Maske (9),
- mit wenigstens einer Strahlungsquelle (5) und
- mit einer Baukammer (2) zur Aufnahme einer Aufbauebene (6), dadurch gekennzeichnet, daß die Maske (9) entfernt von der
- 15 Aufbauebene (6) angeordnet ist und unter Verwendung einer Abbildeoptik (13) ein Abbild der Maske (9) auf der Aufbauebene (6) erzeugt wird.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß
- 20 die Maske (9) außerhalb der Baukammer (2) angeordnet ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Maske (9) räumlich getrennt von der Baukammer (2) angeordnet ist.

25

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildeoptik (13) oder ein Element der Abbildeoptik (13) die Baukammer (2) begrenzt.

- 30 19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildeoptik (13) wenigstens eine Linse umfaßt.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß ein Belichtungssystem vorgesehen ist zur flächigen Ausleuchtung der Maske (9), wobei das Belichtungssystem vorzugsweise einen zwischen der wenigstens
5 einen Strahlungsquelle (5) und der Maske (9) angeordneten Homogenisator (14) aufweist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Maskenträger (8) in dem Strahlengang
10 der Abbildeoptik (13) beweglich angeordnet ist.

22. Aufbaumaterial für die Herstellung eines dreidimensionalen Objektes (7) durch selektives Verfestigen, mit wenigstens einer Materialeigenschaft, welche durch
15 Bestrahlung des Materials in Abhängigkeit von der verwendeten Strahlung aktivierbar ist.

23. Aufbaumaterial nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Materialeigenschaft in Abhängigkeit von der
20 Wellenlänge bzw. dem Wellenlängenspektrum der verwendeten Strahlung aktivierbar ist.

24. Aufbaumaterial nach Anspruch 22 oder 23, in Pulverform, dadurch gekennzeichnet, daß einem Grundmaterial mit
25 absorbierender Eigenschaft für die Wellenlänge bzw. das Wellenlängenspektrum einer Arbeitswellenlänge ein weiteres Absorbermaterial für die Wellenlänge bzw. das Wellenlängenspektrum wenigstens einer weiteren Strahlung beigemischt ist.

30

25. Verwendung eines Materials nach einem der Ansprüche 22 bis 24 für die Herstellung eines dreidimensionalen Objektes (7) durch selektives Verfestigen des Aufbaumaterials, indem

eine Maske (9) mit wenigstens einer Strahlungsquelle (5)
flächig bestrahlt wird.

5

10

15

20

25

30

FIG 1 STAND DER TECHNIK

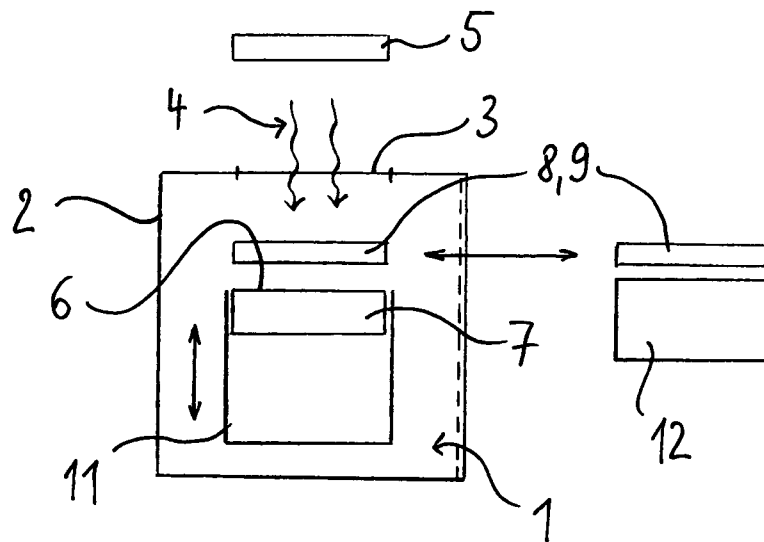


FIG 2

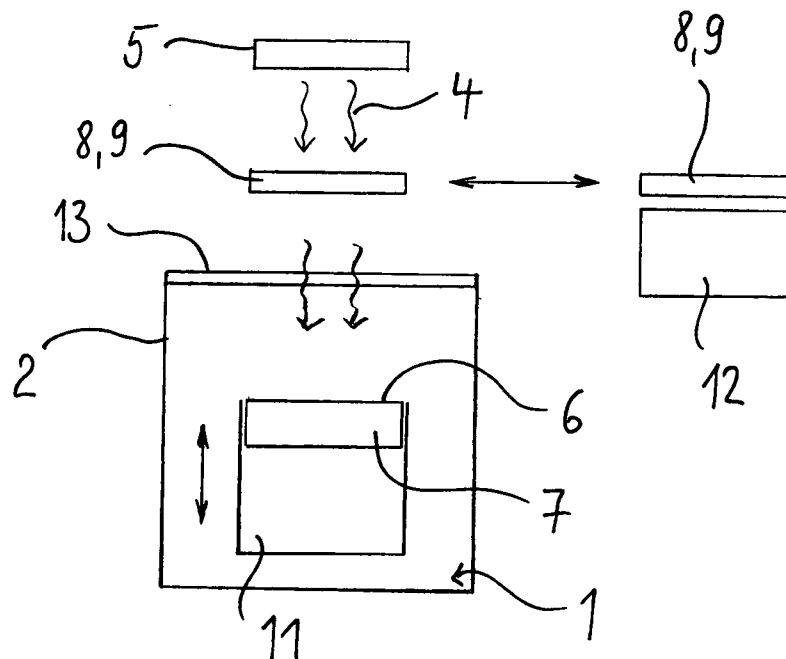


FIG 3

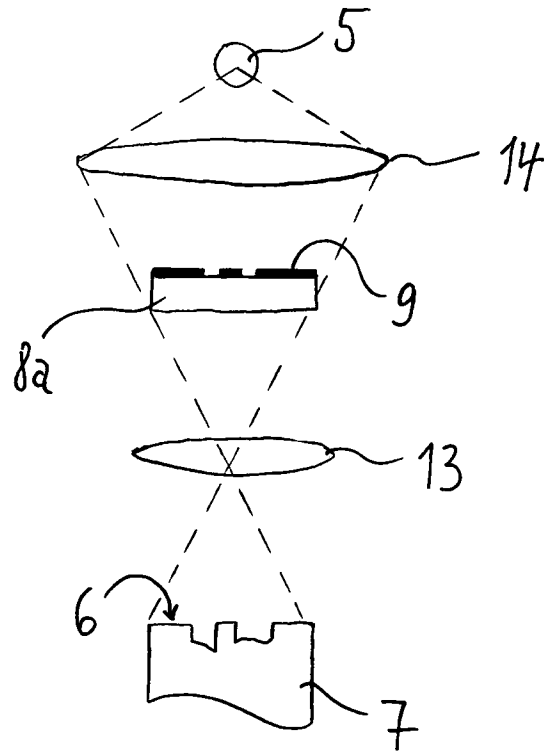


FIG 4

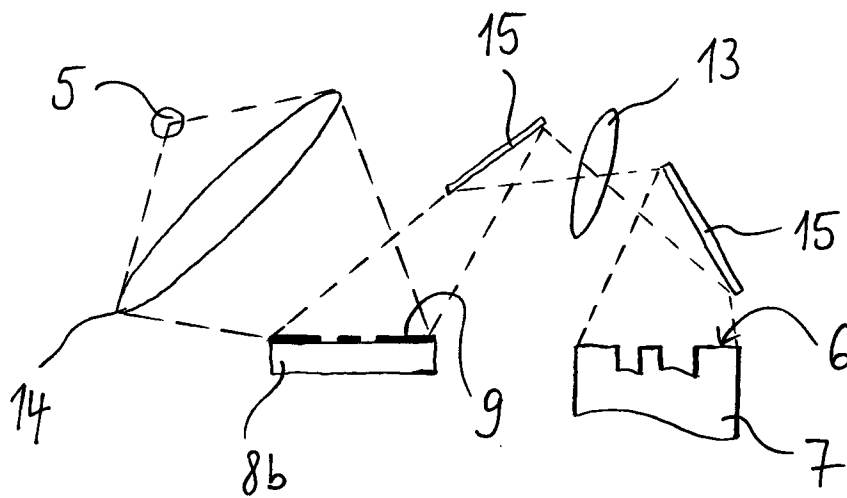


FIG 5

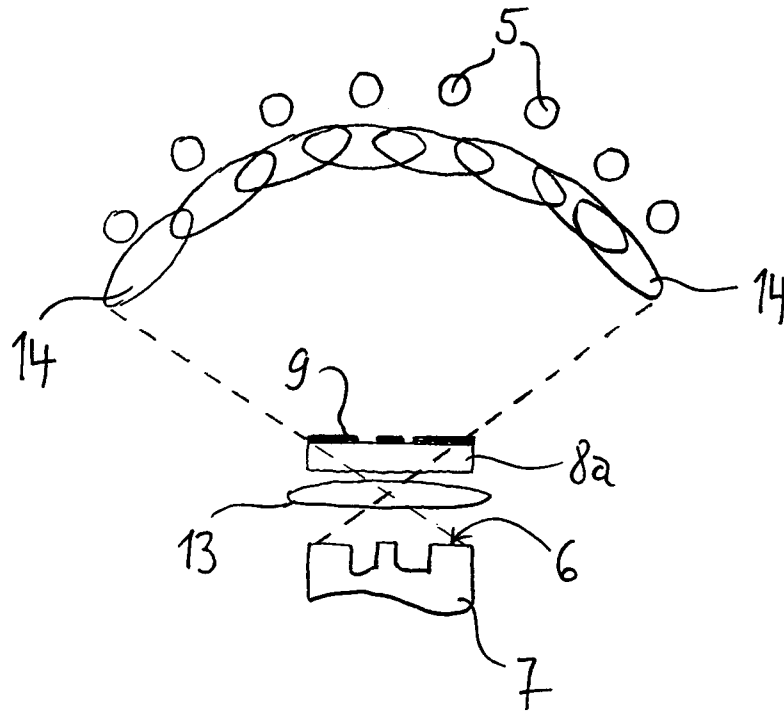


FIG 6

