

(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
26. Februar 2015 (26.02.2015)



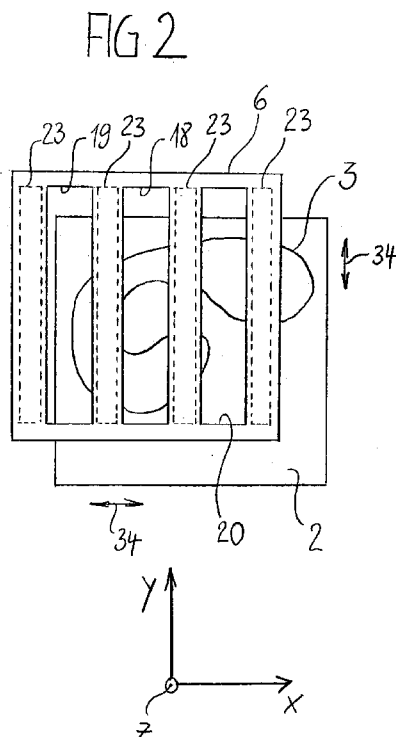
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/024670 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B29C 67/00 (2006.01) *B29C 35/00* (2006.01)
B22F 3/105 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/002306
- (22) Internationales Anmeldedatum:
22. August 2014 (22.08.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2013 109 162.8
23. August 2013 (23.08.2013) DE
- (71) Anmelder: **FIT FRUTH INNOVATIVE TECHNOLOGIEN GMBH** [DE/DE]; Eichenbühl 10, 92331 Parsberg (DE).
- (72) Erfinder: **FRUTH, Carl**; 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR PRODUCING THREE-DIMENSIONAL OBJECTS

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG ZUM HERSTELLEN DREIDIMENSIONALER OBJEKTE



(57) Abstract: The invention relates to a device (1) and a method for producing three-dimensional objects (3) by selectively solidifying a building material (4) which is applied in layers. The aim of the invention is to improve the production process, in particular to optimize the heat input. This is achieved by using a heating element (6) with at least two functional openings (18, 19), one of which is used as a material passage (18) and another of which is simultaneously used as a radiation passage (19).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) sowie ein Verfahren zum Herstellen dreidimensionaler Objekte (3) durch selektives Verfestigen eines schichtweise aufgetragenen Aufbaumaterials (4). Um den Herstellungsprozeß zu verbessern, insbesondere den Wärmeeintrag zu optimieren, wird die Verwendung eines Heizelements (6) mit wenigstens zwei Funktionsöffnungen (18, 19) vorgeschlagen, wobei eine der wenigstens zwei Funktionsöffnungen als Materialdurchlaß (18) und eine andere der wenigstens zwei Funktionsöffnungen gleichzeitig als Strahlungsdurchlaß (19) dient.

WO 2015/024670 A1

CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

Veröffentlicht:

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

Beschreibung

Vorrichtung zum Herstellen dreidimensionaler Objekte

- 5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zum Herstellen dreidimensionaler Objekte durch selektives Verfestigen eines schichtweise aufgetragenen Aufbaumaterials.

10 Aus dem Stand der Technik sind Vorrichtungen und Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Objekte durch selektives Verfestigen eines schichtweise aufgetragenen Aufbaumaterials in großer Zahl bekannt. Zu nennen sind hier beispielsweise das Lasersintern oder das Selektive Maskensintern. Anlagen, mit denen ein solches Schichtbauverfahren durchgeführt wird, 15 werden auch als Rapid Prototyping-Systeme bezeichnet. Diese Schichtbauverfahren dienen zur Herstellung von schichtweise aufgebauten Bauteilen aus verfestigbarem Material, wie Harz, Kunststoff, Metall oder Keramik, und werden beispielsweise zur Fertigung von technischen Prototypen verwendet. Dabei 20 können mit Hilfe einer additiven Fertigungsmethode dreidimensionale Objekte direkt aus CAD-Daten hergestellt werden.

Bei einem solchen Schichtbauverfahren erfolgt der Aufbau der 25 Objekte schichtweise, d. h. es werden Schichten eines Aufbaumaterials sukzessive übereinander aufgetragen. Vor dem Aufbringen der jeweils nächsten Schichten werden die dem zu fertigenden Objekt entsprechenden Stellen in den jeweiligen Schichten selektiv verfestigt. Das Verfestigen erfolgt 30 beispielsweise durch lokales Erhitzen eines zumeist pulverförmigen Schichtrohmaterials mit Hilfe einer Strahlungsquelle. Indem gezielt Strahlung in geeigneter Weise in die gewünschten Bereiche eingebracht wird, kann 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.

Typischerweise wird das zu verfestigende Aufbaumaterial auf eine Temperatur vorgewärmt, die unterhalb der Verarbeitungstemperatur liegt. Mit Hilfe eines zusätzlichen Energieeintrags wird anschließend die Verarbeitungstemperatur erreicht.

Beispielsweise wird ein Kunststoffmaterial bei einem Lasersinterprozeß auf eine Temperatur unterhalb der Sintertemperatur vorgewärmt. Die durch den Laser eingebrachte Energie trägt dann lediglich die Differenzwärmemenge zum Aufschmelzen der Pulverteilchen bei.

Das Vorwärmen erfolgt in vielen Fällen über ein Erwärmen der Aufbauplatattform. Mit ansteigender Bauteilhöhe nimmt bei einem solchen Vorwärmen „von unten“ jedoch der Wärmestrom der Vorwärmung durch Verluste und zunehmendes Volumen der Pulverschüttung ab.

Auch andere Verfahren führen zu einer unerwünschten unregelmäßigen Temperaturverteilung in dem Aufbaumaterial. Dies trifft insbesondere auch auf solche Verfahren zu, bei denen das Vorwärmen über eine Wärmezufuhr „von oben“ erfolgt. Dabei werden zeitweise beheizbare Einrichtungen über der Aufbauschicht plaziert. Durch komplizierte Steuerungen der Heizkurve und andere aufwendige Maßnahmen wird versucht, eine

gleichmäßige Temperaturverteilung in dem vorzuwärmenden Aufbaumaterial zu erreichen.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, den
5 Herstellungsprozeß zu verbessern, insbesondere den Wärmeeintrag zu optimieren.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 bzw. durch ein Verfahren nach Anspruch 6 gelöst. Vorteilhafte
10 Ausführungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben. Die im Folgenden im Zusammenhang mit der Vorrichtung erläuterten Vorteile und Ausgestaltungen gelten sinngemäß auch für das erfindungsgemäße Verfahren und umgekehrt.

15 Die Erfindung schlägt vor, die aus dem Stand der Technik bekannte Vorgehensweise einer getakteten Herstellung, bei der innerhalb eines Taktes nach einem Materialauftrag zunächst ein Vorwärmen und anschließend ein selektives Verfestigen
20 erfolgt, bevor in einem sich anschließenden neuen Takt erneut ein Materialauftrag vorgenommen wird, nicht mehr weiterzuverfolgen. Statt dessen schlägt die Erfindung einen kontinuierlichen Herstellungsprozeß vor, bei dem das Aufbringen des Aufbaumaterials, das Vorwärmen und das
25 selektive Verfestigen durch lokales Erhitzen des Aufbaumaterials gleichzeitig erfolgt, und zwar an unterschiedlichen Stellen ein und desselben herzustellenden Objektes bzw. auch an mehreren Objekten gleichzeitig, sofern mehrere Objekte auf der Aufbauplattform hergestellt werden.

30 Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfaßt eine in einer x-y-Ebene angeordnete Aufbauplattform, auf der wenigstens ein dreidimensionales Objekt schichtweise erzeugt wird, ein die

Aufbauplattform zumindest teilweise überdeckendes Heizelement zum Eintragen von Wärmeenergie in das Aufbaumaterial sowie wenigstens eine Strahlungsquelle zum selektiven Verfestigen von Aufbaumaterial durch lokales Erhitzen. Das Heizelement
5 weist wenigstens zwei gleichzeitig verwendbare Funktionsöffnungen auf, wobei eine der wenigstens zwei Funktionsöffnungen als Materialdurchlaß und eine andere der wenigstens zwei Funktionsöffnungen als Strahlungsdurchlaß ausgebildet ist. Erfindungsgemäß umfaßt die Vorrichtung eine
10 Anzahl Antriebseinrichtungen zum Erzeugen von unabhängigen voneinander steuerbaren Relativbewegungen in x- und/oder y-Richtung zwischen wenigstens zwei der drei folgenden Komponenten der Vorrichtung: der Aufbauplattform, dem Heizelement, der wenigstens einen Strahlungsquelle.

15 Entsprechend umfaßt das erfindungsgemäße Verfahren die Schritte: schichtweises Erzeugen des wenigstens einen dreidimensionalen Objektes auf einer in einer x-y-Ebene angeordneten Aufbauplattform, Eintragen von Wärmeenergie in
20 das Aufbaumaterial mit Hilfe eines die Aufbauplattform zumindest teilweise überdeckenden Heizelements, lokales Erhitzen von Aufbaumaterial durch eine Strahlungsquelle zum Zweck des selektiven Verfestigens sowie gleichzeitiges Durchlassen von Aufbaumaterial und Strahlungsenergie durch
25 das Heizelement unter Verwendung von wenigstens zwei Funktionsöffnungen. Erfindungsgemäß umfaßt das Verfahren mittels einer Anzahl Antriebseinrichtungen das Erzeugen unabhängig voneinander ansteuerbarer Relativbewegungen in x- und/oder y-Richtung zwischen wenigstens zwei der drei
30 folgenden Komponenten der Vorrichtung: der Aufbauplattform, dem Heizelement, der wenigstens einen Strahlungsquelle.

Eine grundlegende Idee der Erfindung besteht in der Verwendung eines zum Vorwärmen des Aufbaumaterials dienenden Heizelementes, welches sich durch Funktionsöffnungen auszeichnet, die als Materialdurchlaß und Strahlungsdurchlaß, mithin also als Beschichtungsöffnung zum Aufbringen von Aufbaumaterial und als Belichtungsöffnung zum lokalen Erhitzen des Aufbaumaterials dienen. Wird ein solches Heizelement in geeigneter Weise relativ zu der Aufbauplattform bewegt, kann ein gleichzeitiges Aufbringen von Aufbaumaterial, Vorwärmen und selektives Verfestigen erfolgen und damit ein nicht getaktetes, ununterbrochenes Herstellen des wenigstens einen Objektes. Der Aufbau des Objektes bzw. der Objekte erfolgt mit anderen Worten kontinuierlich, wobei die Aufbaugeschwindigkeit durch die Relativbewegung zwischen Aufbauplattform und Heizelement bestimmt wird. Die geometrische Anordnung der sich in unterschiedlichen Herstellungsprozeßphasen befindenden Objektbereiche, insbesondere der Abstand dieser Objektbereiche zueinander, wird durch die Anordnung der Funktionsöffnungen in dem Heizelement bestimmt, insbesondere durch den Abstand dieser Funktionsöffnungen zueinander.

Beispielsweise kann in einem ersten Objektbereich das Aufbaumaterial in Form einer frisch aufgebracht Pulverschüttung durch das Heizelement vorgewärmt werden, während in einem in Bewegungsrichtung hinter dem ersten Objektbereich angeordneten zweiten Objektbereich mit Hilfe von durch eine Belichtungsöffnung durchtretender Strahlungsenergie gerade eine Schicht n verfestigt wird. Zeitgleich erfolgt in einem dritten Objektbereich, der in Bewegungsrichtung hinter dem zweiten Objektbereich liegt, ein Nachheizen der dort kurz zuvor verfestigten Aufbausicht n durch das Heizelement, während in einem hinter dem dritten

Objektbereich liegenden vierten Objektbereich durch eine Beschichtungsöffnung hindurchgeführtes weiteres Aufbaumaterial für eine nächste Schicht n+1 auf die bereits vorhandene Schicht n aufgebracht wird. Die Objektbereiche
5 können dabei Bereiche eines Objektes oder aber auch Bereiche unterschiedlicher Objekte sein, wenn mehrere Objekte auf der Aufbauplattform angeordnet sind.

Die Wärmezufuhr für das Vorwärmen erfolgt „von oben“, wodurch
10 die Nachteile einer Wärmezufuhr über die Aufbauplattform nicht auftreten. Zugleich erfolgt die Wärmezufuhr vorzugsweise nicht nur zeitweise, nämlich nicht nur dann, wenn sich das Heizelement wie im Stand der Technik für kurze Zeit oberhalb der Aufbauschiicht befindet, sondern, ermöglicht
15 durch die neuartige kontinuierliche Arbeitsweise, dauerhaft. Damit wird auf einfache Art und Weise eine Optimierung des Wärmeeintrags erreicht. Zugleich wird der Herstellungsprozeß insgesamt verbessert.

20 Durch das Erzeugen mehrerer Relativbewegungen zwischen den beteiligten Komponenten Aufbauplattform, Heizelement und Strahlungsquelle können die zeitlichen Einwirkungen der verschiedenen Prozeßbedingungen in den jeweiligen Verfahrensschritten auf einfache Weise und sehr flexibel
25 aufeinander abgestimmt und optimiert werden. Dadurch ist der Herstellungsprozeß insgesamt weiter optimierbar.

Als besonders vorteilhaft hat sich eine Entkopplung der Bewegung des Strahlungsdurchlasses von der Bewegung der
30 Strahlungsquelle erwiesen. Mit anderen Worten kann sich die Strahlungsquelle mit einer anderen Geschwindigkeit über die Aufbauplattform bzw. das sich darauf befindenden Aufbaumaterial bewegen als das Heizelement.

Insbesondere dann, wenn das Einbringen von Strahlungsenergie durch die Belichtungsöffnung erfolgt, ohne daß diese Öffnung vollständig ausgeleuchtet wird, sondern wenn statt dessen
5 eine gezielte Bestrahlung des unterhalb dieser Öffnung angeordneten Aufbaumaterials innerhalb der Grenzen dieser Öffnung erfolgt, beispielsweise derart, daß ein Laser das Aufbaumaterial entlang einer definierten Bahnkurve erhitzt, läßt sich erfindungsgemäß die Strahlungsquelle unabhängig von
10 der Bewegung des Heizelements und damit unabhängig von der Bewegung der Belichtungsöffnung in dem von dem Strahlungsdurchlaß bereitgestellten Öffnungsbereich so bewegen, daß die Strahlungsleistung besonders effizient eingebracht werden kann.

15

Dies wird in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung dadurch verwirklicht, daß die Vorrichtung neben einer ersten Antriebseinrichtung zum Erzeugen einer ersten Relativbewegung zwischen der Aufbauplattform und dem Heizelement in x-
20 und/oder y-Richtung eine zweite Antriebseinrichtung zum Erzeugen einer von der ersten Relativbewegung unabhängigen zweiten Relativbewegung zwischen der Strahlungsquelle und dem Heizelement in x- und/oder y-Richtung aufweist.

25 Zur weiteren Optimierung des Prozesses, insbesondere für ein besonders effizientes Einbringen der Strahlungsleistung, kann zusätzlich die Form, die Anordnung und/oder die Größe der Belichtungsöffnungen, insbesondere die Schlitzbreite in der Hauptbewegungsrichtung, beispielsweise der x-Richtung, an den
30 jeweiligen Prozeß anpaßbar sein bzw. auch während des Herstellungsprozesses variiert werden. Damit kann beispielsweise erreicht werden, daß der sich jeweils unmittelbar unterhalb einer Belichtungsöffnung befindende,

nicht von dem Heizelement erwärmte Bereich möglichst klein ist. Zur weiterführenden Optimierung kann die Geschwindigkeit einzelner Komponenten, insbesondere die Geschwindigkeit des Heizelements und damit der Belichtungsöffnungen und/oder die
5 Geschwindigkeit der Strahlungsquelle(n) während des Herstellungsprozesses variiert werden, insbesondere aufeinander abgestimmt werden.

Darüber hinaus ermöglicht es die vorliegende Erfindung, sich
10 von der Notwendigkeit einer gleichmäßigen Temperaturverteilung zu lösen. Da an unterschiedlichen Stellen das Herstellungsverfahren unterschiedlich weit fortgeschritten ist, können an unterschiedlichen Stellen unterschiedliche Temperaturen von Vorteil sein. So kann
15 beispielsweise in einem Bereich eine Vorwärmtemperatur zum Vorbereiten des Aufbaumaterials auf die bevorstehende lokale Erhitzung vorteilhaft sein; in einem benachbarten Bereich kann hingegen eine Nachheiztemperatur vorliegen, wie sie zum Erreichen bestimmter Eigenschaften der bereits verfestigten
20 Schicht vorteilhaft ist, beispielsweise um Verzug zu verhindern.

Da das Heizelement dauerhaft zur Verfügung steht, kann eine solche definierte ungleichmäßige Temperaturverteilung auf
25 besonders einfache Weise verwirklicht werden. In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist das Heizelement mehrere unterschiedlich temperierbare Bereiche auf. Dies wird beispielsweise mit Hilfe mehrerer, voneinander unabhängig betreibbarer Heizmodule erreicht.

30

Auch kann eine zusätzliche Wärmequelle zur Bereitstellung von Wärmeenergie vorgesehen sein, insbesondere in Form einer oberhalb des Heizelements angeordneten Strahlungsquelle. In

diesem Fall ist wenigstens eine der Funktionsöffnungen als Heizöffnung zum zusätzlichen Eintragen von Wärmeenergie ausgebildet. Dabei kann es sich bei der Heizöffnung um eine Funktionsöffnung handeln, die bereits eine andere Funktion ausübt; beispielsweise kann ein bereits als
5 Belichtungsöffnung dienender Strahlungsdurchlaß zugleich als Heizöffnung dienen.

Für die Übertragung der Heizenergie auf das Aufbaumaterial besonders vorteilhaft hat sich eine Ausführungsform der
10 Erfindung erwiesen, bei der das Heizelement im wesentlichen plattenförmig ausgebildet ist. Die Plattenform des Heizelements ermöglicht zugleich eine besonders einfache Ausführung der Funktionsöffnungen. Vorteilhafterweise sind
15 Heizelement und Aufbauplattform dabei derart ausgeführt, daß sie sich möglichst großflächig, vorzugsweise vollständig, überdecken bzw. während der Herstellungsprozesses möglichst großflächig, vorzugsweise vollständig, in Überdeckung miteinander gebracht werden können.

20 In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Heizelement oberhalb der Aufbauplattform angeordnet. In einer Variante ist das Heizelement dabei von der jeweils obersten Aufbauschiicht beabstandet. Das Aufwärmen erfolgt durch
25 Wärmestrahlung. In einer alternativen Variante berührt das Heizelement die oberste Aufbauschiicht. Das Aufwärmen erfolgt dann durch Wärmeleitung.

Befindet sich die Aufbauplattform innerhalb einer im
30 Betriebszustand geschlossenen Prozeßkammer, dann kann das Heizelement als Begrenzungswand der Prozeßkammer dienen. Mit anderen Worten wird in diesem Fall die Prozeßkammer durch das

Heizelement abgeschlossen. Das Heizelement ist dann ein Teil der Prozeßkammer.

Bei der Beschichtungsöffnung handelt es sich stets um eine
5 tatsächliche Öffnung im Sinne eines Materialdurchbruchs. Für die Belichtungsöffnung muß das Heizelement hingegen nicht zwangsläufig durchbrochen sein. Die Belichtungsöffnung kann auch als ein Bereich geeigneten Materials in dem Grundkörper des Heizelements ausgeführt sein, das sich für einen
10 Strahlungsdurchgang eignet.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt das Einbringen von Strahlungsenergie durch die Belichtungsöffnung, ohne daß diese Öffnung vollständig
15 ausgeleuchtet wird. Statt dessen erfolgt eine gezielte Bestrahlung des unterhalb dieser Öffnung angeordneten Aufbaumaterials innerhalb der Grenzen dieser Öffnung. Die Strahlung kann dabei von einer oder mehreren Strahlungsquellen stammen. Beispielsweise können zum lokalen
20 Erhitzen des Aufbaumaterials ein oder mehrere Laserstrahlen innerhalb des durch die Funktionsöffnung bereitgestellten Fensters eine lineare Hin- und Herbewegung innerhalb der Funktionsöffnung vollführen oder aber der oder die Laserstrahlen werden innerhalb des Fensters auf einer
25 nichtlinearen Bahnkurve definiert geführt, jeweils in Abhängigkeit von der zu erzeugenden Struktur. Die Führung der Strahlung erfolgt mit Hilfe einer geeigneten Steuerung. Das zuvor auf eine Temperatur unterhalb der Verarbeitungstemperatur vorgewärmte Aufbaumaterial wird lokal
30 weiter erhitzt. Mit Hilfe dieses zusätzlichen Energieeintrags wird die Verarbeitungstemperatur erreicht.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden zum Energieeintrag mindestens zwei Strahlungsquellen verwendet, deren Strahlung gleichzeitig durch eine gemeinsame Belichtungsöffnung auf einen von dieser
5 Belichtungsöffnung freigegebenen Bereich der darunterliegenden Aufbauschicht tritt. Durch die gleichzeitige Verwendung mehrerer Strahlungsquellen kann das Einbringen der Strahlungsenergie besonders effizient erfolgen. Zugleich ermöglicht dies, wie nachfolgend
10 beschrieben, eine weitergehende Optimierung der Energiezufuhr.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, daß jeder Strahlungsquelle ein
15 von ihr zu bestrahlender Bereich der Aufbauschicht, nachfolgend als Zielbereich bezeichnet, zugeordnet ist. Dabei überlappen sich benachbarte Zielbereiche zumindest teilweise, wobei sie einen Überlappbereich bilden.

20 Mit anderen Worten werden die mindestens zwei gleichzeitig betriebenen Strahlungsquellen derart angesteuert, insbesondere derart in x- und/oder y-Richtung bewegt, daß sie Strahlungsenergie (auch) in wenigstens eine gemeinsame, d.h. von den mindestens zwei Strahlungsquellen bestrahlte Fläche
25 der Aufbauschicht, den Überlappbereich, einbringen. Dabei bestrahlen die wenigstens zwei Strahlungsquellen den Überlappbereich entweder gleichzeitig oder nacheinander.

Die Ansteuerung der mindestens zwei Strahlungsquellen erfolgt
30 dabei vorzugsweise derart, daß sich aus der Art und Weise der Überlappung der Strahlungsbereiche eine minimale Gesamtbearbeitungsdauer des Aufbaumaterials ergibt, genauer gesagt, daß diejenige Zeitdauer minimal ist, die für das

Einbringen der für ein Verfestigen des Aufbaumaterials benötigten Energie erforderlich ist. Dadurch wird die Gesamtdauer der Herstellung der dreidimensionalen Objekte verkürzt. Vorzugsweise erfolgt die Ansteuerung zugleich
5 derart, daß die Betriebszeiten der einzelnen Strahlungsquellen minimiert werden.

Zur Minimierung der Bearbeitungsdauer werden in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung die zu belichtenden
10 Flächen, die Zielbereiche, zunächst in einzelne Teilbereiche, nachfolgend als Flächensegmente bezeichnet, unterteilt oder es werden derartige Flächensegmente aus dem jeweiligen Zielbereich ausgewählt und auf diese Weise von Teilbereichen unterschieden, die nicht belichtet werden müssen.
15 Beispielsweise wird der durch Form und Größe der Belichtungsöffnung vorgegebene, von mehreren Strahlungsquellen gleichzeitig bestrahlbare Bereich in x- und y-Richtung segmentiert.

Anschließend wird die benötigte Verweildauer der einzelnen Strahlungsquellen in dem jeweiligen Flächensegment berechnet. Abschließend wird eine geeignete, vorzugsweise die schnellste Belichtungsstrategie ermittelt. Dabei werden diejenigen Wege ermittelt, welche die einzelnen Strahlungsquellen innerhalb
25 des von dem Strahlungsdurchlaß bereitgestellten Fensters zurücklegen. Der Energieeintrag erfolgt beispielsweise dadurch, daß ein Laserstrahl linienförmig, beispielsweise unter Bildung von eng benachbarten geradlinigen Schraffurlinien, eine zeilenweise Abtastung bzw. Rasterung
30 des betreffenden Flächenbereiches vornimmt, um einen Bereich der Aufbauschicht zu verfestigen. Dieses Belichtungsmuster kann von Schicht zu Schicht variieren.

Vorzugsweise erfolgt nicht nur das Ermitteln der Belichtungsstrategie für eine bestimmte Segmentierung unter dem Gesichtspunkt einer zeitlichen Optimierung des Herstellungsprozesses, sondern auch das Segmentieren selbst
5 wird so durchgeführt, daß die spätere Belichtung besonders effizient erfolgen kann. Beispielsweise erfolgt das Segmentieren unter Berücksichtigung der Lage der Bewegungsachsen der Strahlungsquellen.

10 Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Herstellen dreidimensionaler Objekte umfaßt geeignete Mittel zum Segmentieren, zum Berechnen der Verweildauer und zum Ermitteln der Belichtungsstrategie oder ist mit solchen Mitteln verbunden bzw. erhält entsprechende Informationen,
15 insbesondere Steuerungsdaten zur Ansteuerung der Anzahl der Strahlungsquellen zur Verwirklichung der ermittelten Belichtungsstrategie aus einer externen Datenquelle.

Die zur Steuerung der erfindungsgemäßen Vorrichtung
20 verwendeten Steuerungsdaten umfassen ein Datenmodell zur Beschreibung der herzustellenden Objekte bzw. werden unter Verwendung eines solchen Datenmodells erzeugt. Das Datenmodell beschreibt dabei nicht nur die Aufteilung jedes Objektes in Aufbauschichten, sondern auch die Lage der
25 Objekte auf der Aufbauplattform.

Mit Hilfe der vorliegenden Erfindung ist es möglich, das der Herstellung der dreidimensionalen Objekte zugrundeliegende Datenmodell so zu optimieren, daß die Anordnung der Objekte
30 auf der Aufbauplattform bzw. die Lage der Objekte zueinander so gewählt ist, daß unter Berücksichtigung der Belichtungsstrategie eine besonders effiziente Herstellung, insbesondere eine besonders schnelle Herstellung erfolgt. In

einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung erfolgt also nicht nur eine optimale Wahl der jeweiligen individuellen Belichtungsstrategie pro Aufbauschiicht, insbesondere eine zeitliche Optimierung des
5 Strahlungseintrags, sondern auch bereits zuvor eine das erfindungsgemäße Verfahren berücksichtigende Optimierung der Anordnung der herzustellenden Objekte auf der Aufbauplattform.

10 In einer einfachen Variante der Erfindung sind Anordnung und Größe der Funktionsöffnungen unveränderlich. So hat es sich als vorteilhaft erwiesen, streifenförmige Funktionsöffnungen zu verwenden, die parallel zueinander liegen. Die Funktionsöffnungen sind dabei vorteilhafterweise senkrecht zu
15 der Richtung der Relativbewegung, beispielsweise senkrecht zu der x- oder der y-Richtung, in dem Heizelement angeordnet. Alternativ ist es möglich, daß die Funktionsöffnungen schräg, d.h. unter einem Winkel zu der Bewegungsrichtung, angeordnet sind. Bei der vorliegenden Erfindung von Vorteil ist es, daß
20 die Form, Anordnung und Größe der Funktionsöffnungen an die Besonderheiten des Verfahrens angepaßt werden können. So können anstelle von streifen- oder schlitzförmigen Funktionsöffnungen für alle oder einzelne Funktionen beispielsweise auch lochförmige Funktionsöffnungen oder
25 Funktionsöffnungen beliebiger anderer Form vorgesehen sein.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind Form, Anordnung und/oder Größe der Funktionsöffnungen veränderbar. Beispielsweise kann es von Vorteil sein, die
30 Größe der Belichtungsöffnung veränderbar auszuführen, insbesondere dann, wenn diese Funktionsöffnung als Blende dient, d. h. zur Begrenzung des Querschnitts der eingebrachten Strahlung. Ebenfalls kann es von Vorteil sein,

die Größe der Beschichtungsöffnung veränderbar auszuführen, insbesondere dann, wenn Form und/oder Größe dieser Öffnung unmittelbar den Auftragsort bzw. das Volumen des je Zeiteinheit aufgebrauchten Aufbaumaterials bestimmen. Eine
5 Veränderung der Funktionsöffnungen kann insbesondere auch während der Laufzeit, also im laufenden Herstellungsprozeß erfolgen. Hierfür sind dann gegebenenfalls zusätzliche geeignete Antriebs- und Steuerungseinrichtungen vorgesehen.

10 Mit der vorliegenden Erfindung wird nicht nur der Wärmeeintrag in das Aufbaumaterial verbessert. Durch ein geeignetes Zusammenspiel der Anordnung und Größe der Funktionsöffnungen und der Relativbewegung zwischen Heizelement und Aufbauplattform sowie der Bereitstellung
15 und/oder Führung der Strahlung zum lokalen Verfestigen des Aufbaumaterials kann der Herstellungsprozeß darüber hinaus auch besonders effizient durchgeführt werden.

Hierzu dient eine zentrale Steuerung des
20 Herstellungsprozesses unter Verwendung eines Datenmodells zur Beschreibung des mit Hilfe des Schichtaufbauverfahrens herzustellenden Objektes. Die Steuerung umfaßt dabei alle relevanten Vorgänge des gleichzeitig an mehreren Stellen in unterschiedlichen Herstellungsphasen ablaufenden, d. h.
25 unterschiedlich weit fortgeschrittenen Herstellungsprozesses. Mit anderen Worten erfolgt die Steuerung stets entsprechend dem tatsächlichen Fortgang des Herstellungsprozesses, wobei hierzu Sensordaten geeigneter Sensoren, insbesondere Temperatursensoren, verwendet werden. Die Steuerung umfaßt
30 insbesondere die Steuerung der Heizung des Heizelements, hier gegebenenfalls die definierte Steuerung einzelner Temperaturbereiche. Die Steuerung umfaßt auch die Steuerung der Antriebseinrichtungen für die Relativbewegungen zwischen

dem Heizelement, der Aufbauplattform und/oder der Strahlungsquelle(n), d.h. auch die Steuerung der geführten Strahlungsquelle(n) zum lokalen Erhitzen des Aufbaumaterials, und die Steuerung der Bereitstellungs- und/oder
5 Aufbringeinrichtung zum Bereitstellen und/oder Aufbringen des Aufbaumaterials und gegebenenfalls die Steuerung der zusätzlichen Strahlungsquelle zur Temperierung des Aufbaumaterials, wie auch gegebenenfalls die Steuerung der in Anordnung und/oder Größe veränderbaren Funktionsöffnungen.

10

Alle im Zusammenhang mit der Steuerung der Schichtbauanlage bzw. der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erforderlichen Rechenoperationen werden dabei durch eine oder mehrere Datenverarbeitungseinheiten ausgeführt, die zur
15 Durchführung dieser Operationen ausgebildet sind. Jede dieser Datenverarbeitungseinheiten weist vorzugsweise eine Anzahl von Funktionsmodulen auf, wobei jedes Funktionsmodul ausgebildet ist zur Durchführung einer bestimmten Funktion oder einer Anzahl bestimmter Funktionen gemäß den
20 beschriebenen Verfahren. Bei den Funktionsmodulen kann es sich um Hardwaremodule oder Softwaremodule handeln. Mit anderen Worten kann die Erfindung, soweit es die Datenverarbeitungseinheit betrifft, entweder in Form von Computerhardware oder in Form von Computersoftware oder in
25 einer Kombination aus Hardware und Software verwirklicht werden. Soweit die Erfindung in Form von Software, also als Computerprogrammprodukt, verwirklicht ist, werden sämtliche beschriebenen Funktionen durch Computerprogrammanweisungen realisiert, wenn das Computerprogramm auf einem Rechner mit
30 einem Prozessor ausgeführt wird. Die Computerprogrammanweisungen sind dabei auf an sich bekannte Art und Weise in einer beliebigen Programmiersprache verwirklicht und können dem Rechner in beliebiger Form

bereitgestellt werden, beispielsweise in Form von Datenpaketen, die über ein Rechnernetz übertragen werden, oder in Form eines auf einer Diskette, einer CD-ROM oder einem anderen Datenträger gespeicherten
5 Computerprogrammprodukts.

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

10 Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einer im Schnitt dargestellten, stark vereinfachten Prozeßkammer,

15 Fig. 2 eine schematische Darstellung eines über einer Aufbauplattform angeordneten Heizelements in Draufsicht,

20 Fig. 3 vereinfachte Schnittdarstellungen von Schichten des aufzubauenden Objektes in unterschiedlichen Herstellungsphasen,

Fig. 4 eine Ausführungsform der Erfindung mit zwei Strahlungsquellen.

25 Sämtliche Figuren zeigen die Erfindung nicht maßstabsgerecht, dabei lediglich schematisch und nur mit ihren wesentlichen Bestandteilen. Gleiche Bezugszeichen entsprechen dabei Elementen gleicher oder vergleichbarer Funktion.

30 Anhand der Fig. 1 und 2 wird als Vorrichtung zum Herstellen wenigstens eines dreidimensionalen Objektes durch selektives Verfestigen eines schichtweise aufgetragenen Aufbaumaterials beispielhaft eine Vorrichtung 1 zum Lasersintern beschrieben.

Die Erfindung ist jedoch nicht auf dieses spezielle Verfahren beschränkt. Die Erfindung ist auch auf andere additive Fertigungsverfahren anwendbar, wie beispielsweise Laserschmelzen, Maskensintern, Drop on Powder / Drop-on-Bed, 5 Stereolithographie und dergleichen.

Bei der Beschreibung der Erfindung kommt ein orthogonales Koordinatensystem (x, y, z) zur Anwendung.

10 Die Vorrichtung 1 zum Lasersintern umfaßt eine in einer x-y-Ebene angeordnete Aufbauplattform 2, auf der ein dreidimensionales Objekt 3 in bekannter Art und Weise schichtweise erzeugt wird. Bei dem Aufbaumaterial 4 handelt es sich um ein geeignetes Kunststoffpulver. Nach der 15 Herstellung einer Schicht n wird zur Herstellung einer neuen Schicht n+1 die Aufbauplattform 2 mit den bereits erstellten und erhärteten Schichten um eine bestimmte Weglänge nach unten verfahren. Hierzu dient eine Antriebseinrichtung 5 zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen der Aufbauplattform 3 20 und einem später genauer beschriebenen Heizelement 6 in z-Richtung, d. h. senkrecht zu der Aufbauebene. Diese Bewegung in z-Richtung ist in Fig. 1 mit dem Pfeil 33 angedeutet. Bei der Antriebseinrichtung 5 handelt es sich beispielsweise um einen Elektromotor.

25 Zwischen dem Verfestigen einer Schicht n und dem Aufbringen von neuem Aufbaumaterial 4 für eine nachfolgende Schicht n+1 kann es vorgesehen sein, überschüssiges Aufbaumaterial 4 von der Aufbauplattform 2 zu entfernen. In diesem Fall ist eine 30 hierfür geeignete Einrichtung (nicht abgebildet) vorgesehen, beispielsweise in Form eines Abstreifmessers oder dergleichen, welches vorteilhafterweise mit dem Heizelement 6 verbunden ist oder mit diesem zusammenwirkt.

Die Vorrichtung 1 umfaßt wenigstens eine Strahlungsquelle 7, die Strahlungsenergie zum lokalen Erhitzen von Aufbaumaterial 4 bereitstellt, um dieses selektiv zu verfestigen. Bei der
5 wenigstens einen Strahlungsquelle 7 handelt es sich beispielsweise um einen Laser, der einen Laserstrahl 8 geführt abgibt.

Die Vorrichtung 1 umfaßt außerdem wenigstens eine
10 Bereitstellungs- und/oder Aufbringeinrichtung 9, mit der Aufbaumaterial 4 bereitstellt und/oder auf die Aufbauplattform 2 oder eine bereits vorhandene Aufbauschicht aufgebracht wird. Bei der Bereitstellungs- und/oder
Aufbringeinrichtung 9 handelt es sich beispielsweise um eine
15 Einrichtung zum Aufbringen einer Pulverschüttung. Die Bereitstellungs- und/oder Aufbringeinrichtung 9 ist mit einer entsprechenden Steuerung 10 verbunden, die den Materialauftrag steuert.

20 Die Vorrichtung 1 umfaßt weiter das oben bereits erwähnte, die Aufbauplattform 2 während der Herstellungsprozesses dauerhaft, zumindest teilweise überdeckende Heizelement 6 zum Eintragen von Wärmeenergie in das Aufbaumaterial 4. Das Heizelement 6 ist im wesentlichen plattenförmig ausgebildet.
25 Es ist oberhalb der Aufbauplattform 2 angeordnet, wobei es von der jeweils obersten Aufbauschicht beabstandet ist. Der Abstand beträgt typischerweise zwischen 100 µm und 10 mm. Das Aufwärmen des Aufbaumaterials 4 erfolgt durch von dem Heizelement 6 abgegebene Wärmestrahlung 11, wie sie in den
30 Fig. 1 und 3 symbolisch dargestellt ist.

Die Aufbauplattform 2 befindet sich innerhalb einer im Betriebszustand geschlossenen Prozeßkammer 12, die in Fig. 1

nur schematisch angedeutet ist. Das Heizelement 6 dient dabei als Begrenzungswand der Prozeßkammer 12. Genauer gesagt ist das Heizelement 6 als Teil der oberen Abdeckung 13 der Prozeßkammer 12 ausgeführt.

5

Die Vorrichtung 1 umfaßt zudem eine Antriebseinrichtung 15 zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen der Aufbauplattform 2 und dem Heizelement 6 in x- und/oder y-Richtung, d. h. in einer Schichtrichtung. Diese Bewegung in x- und/oder y-Richtung ist in Fig. 1 mit dem Pfeil 34
10 angedeutet. Bei der Antriebseinrichtung 15 handelt es sich beispielsweise um einen Elektromotor. Beide Antriebseinrichtungen 5, 15 sind mit entsprechenden Antriebssteuerungen 16, 17 verbunden.

15

In dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel bewegt die Antriebseinrichtung 15 die Aufbauplattform 2 relativ zu dem feststehenden Heizelement 6. Die Hauptbewegungsrichtung ist die x-Richtung. Im einfachsten Fall beschränkt sich die
20 Bewegung der Aufbauplattform 2 auf diese Hauptbewegungsrichtung. Falls für den Herstellungsprozeß erforderlich oder vorteilhaft, kann die Bewegung in x-Richtung von einer Bewegung der Aufbauplattform 2 in y-Richtung überlagert werden.

25

Das Heizelement 6 weist wenigstens zwei, in dem in Fig. 1 dargestellten Beispiel drei gleichzeitig verwendbare, voneinander beabstandete Funktionsöffnungen 18, 19, 20 auf. Die Funktionsöffnungen 18, 19, 20 sind schlitz- bzw.
30 streifenförmig, langgestreckt rechteckig, liegen parallel zueinander und senkrecht zu der Hauptbewegungsrichtung, hier der x-Richtung. Eine der Funktionsöffnungen ist als Materialdurchlaß 18 und eine andere der Funktionsöffnungen

als Strahlungsdurchlaß 19 ausgebildet. Während des Erzeugens des Objektes 3 wird gleichzeitig sowohl Aufbaumaterial 4 als auch Strahlungsenergie, hier in Form des Laserstrahls 8, durch die Funktionsöffnungen 18, 19 hindurchgelassen.

5

Anders ausgedrückt ist die eine Funktionsöffnung als Beschichtungsöffnung 18 zum Aufbringen von Aufbaumaterial 4 auf die Aufbauplattform 2 oder eine bereits vorhandene Aufbauschicht ausgebildet und die andere Funktionsöffnung ist als Belichtungsöffnung 19 zum gleichzeitigen Einbringen von Strahlungsenergie der wenigstens einen Strahlungsquelle 7 in das aufgebrauchte Aufbaumaterial 4 zum Verfestigen des Aufbaumaterials 4 ausgebildet.

15 Das Einbringen von Strahlungsenergie zum lokalen Erhitzen des Aufbaumaterials 4 erfolgt, indem der Laserstrahl 8 durch die Belichtungsöffnung 19 hindurch auf einer definierten Bahn geführt wird. Die Führung des Laserstrahls 8 erfolgt mit Hilfe einer geeigneten Antriebs- und Steuerungseinrichtung

20 21. Mit anderen Worten wird nicht nur die erste Antriebseinrichtung 15 zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen der Aufbauplattform 2 und dem Heizelement 6 in x- und/oder y-Richtung, sondern auch eine zweite Antriebseinrichtung 21 zum Erzeugen einer von dieser ersten

25 Relativbewegung unabhängigen zweiten Relativbewegung zwischen der Strahlungsquelle 7 und dem Heizelement 6 in x- und/oder y-Richtung verwendet. In dem illustrierten Beispiel dient die zweite Antriebseinrichtung 21 zur Bewegung der Strahlungsquelle 7. Diese Bewegung der Strahlungsquelle 7 in

30 x- und/oder y-Richtung ist in Fig. 1 mit dem Pfeil 35 angedeutet.

Statt eines feststehenden Heizelements 6 mit demgegenüber beweglicher Aufbauplattform und beweglicher Strahlungsquelle 7 kann in alternativen Ausführungen (nicht abgebildet) auch die Aufbauplattform in der x-y-Ebene feststehend sein, wobei
5 in diesem Fall Heizblende 6 und Strahlungsquelle 7 zueinander bewegbar ausgeführt sind. Alternativ kann auch eine feststehende Strahlungsquelle 7 mit einem sich bewegenden Heizelement 6 und einer sich bewegenden Aufbauplattform 2 kombiniert sein, um die beiden gewünschten Relativbewegungen
10 bereitzustellen.

Das Heizelement 6 weist mehrere, voneinander unabhängig ansteuerbare Heizmodule 23 auf, die zwischen bzw. neben den Funktionsöffnungen 18, 19, 20 angeordnet sind. Alle
15 Heizmodule 23 des Heizelements 6 sind mit einer Heizungssteuerung 24 verbunden. Das Arbeitsprinzip der Heizmodule 23 beruht beispielsweise auf dem Prinzip der elektrischen Induktion. Geeignete andere Funktionsweisen der Heizmodule sind ebenfalls möglich.

20 Die Vorrichtung 1 umfaßt in dem in Fig. 1 illustrierten Beispiel auch eine zusätzliche Wärmequelle in Form einer oberhalb des Heizelements 6 angeordneten Strahlungsquelle 25 zur Bereitstellung von Wärmeenergie. Bei dieser zusätzlichen
25 Strahlungsquelle 25 handelt es sich beispielsweise um einen Infrarotstrahler, der Infrarotstrahlung 26 abgibt. Für diese Strahlungsquelle 25 ist ebenfalls eine geeignete Steuerung 27 vorgesehen. Dieser zusätzlichen Strahlungsquelle 25 ist eine eigene Funktionsöffnung 20 zugewiesen, die somit als
30 Heizöffnung dient.

Eine zentrale Steuerung 28 ist für den kontrollierten Ablauf des Herstellungsverfahrens verantwortlich. Die Steuerung 28

umfaßt hierfür alle relevanten Teilsteuerungen 10, 16, 17, 21, 24, 27.

Anhand der Fig. 3 werden nachfolgend verschiedene Phasen der Herstellung beschrieben. Dabei kommt ein von dem in den Fig. 1 und 2 gezeigten Heizelement 6 verschiedenes Heizelement 6' zur Anwendung, welches über drei Funktionsöffnungen verfügt, nämlich über zwei Beschichtungsöffnungen 18, 18' und eine zwischen den Beschichtungsöffnungen 18, 18' angeordnete Belichtungsöffnung 19.

In Fig. 3a bewegt sich die Aufbauplattform 2, angetrieben von der Antriebseinrichtung 15, in x-Richtung unter der ersten Beschichtungsöffnung 18 des Heizelements 6 hindurch. Es wird Aufbaumaterial 4 für eine Schicht n auf die Aufbauplattform 2 aufgebracht.

In Fig. 3b bewegt sich die Aufbauplattform 2 in x-Richtung weiter. Das kurz zuvor aufgebrachte Aufbaumaterial 4 wird durch ein zwischen der ersten Beschichtungsöffnung 18 und der Belichtungsöffnung 19 in dem Grundkörper des Heizelements 6 angeordnetes Heizmodul 23 auf eine Temperatur unterhalb der Sintertemperatur vorgewärmt. Gleichzeitig erfolgt in einen benachbarten, kurz zuvor vorgewärmten Objektbereich ein Einbringen zusätzlicher Wärmeenergie mit Hilfe des Laserstrahls 8 durch die Belichtungsöffnung 19, wodurch die Pulverteilchen aufschmelzen.

In Fig. 3c bewegt sich die Aufbauplattform 2 in x-Richtung weiter. Bevor die Aufbauplattform 2 die zweite Beschichtungsöffnung 18' erreicht, wird sie, angetrieben von der Antriebseinrichtung 5, in z-Richtung eine erforderliche Wegstrecke nach unten bewegt. Durch die zweite

Beschichtungsöffnung 18' wird Aufbaumaterial 4 für eine weitere Schicht n+1 aufgebracht. Kurz zuvor wurde dieser Objektbereich durch ein zwischen der Belichtungsöffnung 19 und der zweiten Beschichtungsöffnung 18' angeordneten
5 weiteres Heizmodul 23' erneut erwärmt.

In Fig. 3d hat die Aufbauplattform 2 ihren einen Umkehrpunkt erreicht. Die Schichten n und n+1 wurden erzeugt. Da keine Belichtungsöffnung 19 mehr über der Aufbauplattform 2
10 angeordnet ist, findet in diesem Augenblick keine Laserbestrahlung mehr statt. Auch das Aufbringen von Aufbaumaterial 4 erfolgt nur solange, wie wenigstens eine der beiden Beschichtungsöffnungen 18, 18' über der Aufbauplattform 2 angeordnet ist.

15 In Fig. 3e bewegt sich die Aufbauplattform 2 in x-Richtung, entgegengesetzt zu der ersten Bewegung, unter dem Heizelement 6 hindurch. Mit Hilfe der zweiten Beschichtungsöffnung 18' ist bereits ein neuer Materialauftrag für die nächste Schicht
20 n+2 erfolgt, ebenso wie ein Vorwärmen mit Hilfe eines dritten Heizmoduls 23''. Zuvor wurde die Aufbauplattform 2, angetrieben von der Antriebseinrichtung 5, erneut eine erforderliche Wegstrecke in z-Richtung nach unten bewegt. Durch die Belichtungsöffnung 19 erfolgt eine lokale
25 Bestrahlung mit dem Laserstrahl 8 zum Verfestigen der zu erzeugenden Struktur. Das erste Heizmodul 23 dient zum Nachheizen. Bei einer weiteren Bewegung der Aufbauplattform 2 wird in Kürze durch die erste Beschichtungsöffnung 18 ein Materialauftrag für die Schicht n+3 erfolgen.

30 In Fig. 4 ist ein Ausführungsbeispiel illustriert, bei dem die Strahlung 8 von zwei zeitgleich betriebenen Strahlungsquellen 7, 14 durch eine gemeinsame

Belichtungsöffnung 19 auf die von dieser Belichtungsöffnung 19 freigegebene Aufbauschicht 3 auftrifft. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist das Heizelement 6 transparent dargestellt, zudem ist nur eine einzige Funktionsöffnung, die 5 Belichtungsöffnung 19, abgebildet. Jeder Strahlungsquelle 7, 14 ist ein Zielbereich 29, 30 zugeordnet, wobei diese Zuordnung symbolisch mit durchbrochenen Hilfslinien dargestellt wird. Die beiden Zielbereiche 29, 30 überschneiden sich unter Ausbildung eines Überlappbereiches 10 31. Die Ansteuerung der mindestens zwei Strahlungsquellen 7, 14 bei denen es sich wieder um Laser handeln kann, erfolgt durch eine entsprechend ausgebildete Antriebs- und Steuereinrichtung 21 derart, daß sich eine minimale Gesamtbearbeitungsdauer des Aufbaumaterials ergibt. Zur 15 Verwirklichung einer optimalen Belichtungsstruktur bewegt sich jede Strahlungsquelle 7, 14 auf einer definierten Bahn 32 in x- und/oder y-Richtung, wie für die Strahlungsquelle 14 in Fig. 4 angedeutet.

20 Zusammenfassend betrifft die Erfindung eine Vorrichtung 1 zum Herstellen dreidimensionaler Objekte 3 durch selektives Verfestigen eines schichtweise aufgetragenen Aufbaumaterials 4, mit einer in einer x-y-Ebene angeordneten Aufbauplattform 2, auf der wenigstens ein dreidimensionales Objekt 3 25 schichtweise erzeugt wird, mit einem die Aufbauplattform 2 zumindest teilweise überdeckenden Heizelement 6 zum Eintragen von Wärmeenergie 11 in das Aufbaumaterial 4, mit wenigstens einer Strahlungsquelle zum selektiven Verfestigen von Aufbaumaterial durch lokales Erhitzen, wobei das Heizelement 30 6 wenigstens zwei gleichzeitig verwendbare Funktionsöffnungen 18, 19 aufweist, wobei eine der wenigstens zwei Funktionsöffnungen als Materialdurchlaß 18 und eine andere der wenigstens zwei Funktionsöffnungen als Strahlungsdurchlaß

19 ausgebildet ist. Diese Vorrichtung 1 umfaßt
erfindungsgemäß eine Anzahl Antriebseinrichtungen 15, 21 zum
Erzeugen von voneinander unabhängigen Relativbewegungen in x-
und/oder y-Richtung zwischen wenigstens zwei der drei
5 folgenden Komponenten: der Aufbauplattform 2, dem Heizelement
6, der wenigstens einen Strahlungsquelle 7, 14.

Vorteilhafterweise umfaßt die Vorrichtung 1 eine erste
Antriebseinrichtung 15 zum Erzeugen einer Relativbewegung
10 zwischen der Aufbauplattform 2 und dem Heizelement 6 in x-
und/oder y-Richtung und eine zweite Antriebseinrichtung 21
zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen der wenigstens
einen Strahlungsquelle 7, 14 und dem Heizelement 6 in x-
und/oder y-Richtung. Vorteilhafterweise umfaßt die
15 Vorrichtung 1 wenigstens zwei gleichzeitig betreibbaren
Strahlungsquellen 7, 14 und einer Steuerung 21 zur
Ansteuerung dieser Strahlungsquellen 7, 14 derart, daß sich
deren Strahlungsbereiche 29, 30 überlappen.

20 Vorteilhafterweise überdeckt das Heizelement 6 die
Aufbauplattform 2 dauerhaft zumindest teilweise.
Vorteilhafterweise können das Heizelement 6 und die
Aufbauplattform 2 vollständig in Überdeckung miteinander
gebracht werden. Vorteilhafterweise ist das Heizelement 6 im
25 wesentlichen plattenförmig ausgebildet. Vorteilhafterweise
ist das Heizelement 6 oberhalb der Aufbauplattform 2
angeordnet; dabei ist es entweder von der obersten
Aufbauschicht beabstandet oder aber es berührt die oberste
Aufbauschicht. Vorteilhafterweise befindet sich die
30 Aufbauplattform 2 innerhalb einer im Betriebszustand
geschlossenen Prozeßkammer 12 und das Heizelement 6 dient als
Begrenzungswand der Prozeßkammer 12. Vorteilhafterweise weist
das Heizelement 6 unterschiedlich temperierbare Bereiche auf.

Vorteilhafterweise ist Form, Anordnung und/oder Größe der Funktionsöffnungen 18, 19, 20 veränderbar. Vorteilhafterweise ist die Geschwindigkeit des Heizelements 6 und/oder die Geschwindigkeit der wenigstens einen Strahlungsquelle 7, 14 während des Herstellungsprozesses veränderbar.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Herstellen dreidimensionaler Objekte 3 durch selektives Verfestigen eines schichtweise aufgetragenen Aufbaumaterials 4, wobei auf einer in einer x-y-Ebene angeordneten Aufbauplattform 2 wenigstens ein dreidimensionales Objekt 3 schichtweise erzeugt wird, wobei ein die Aufbauplattform 2 zumindest teilweise überdeckendes Heizelement 6 Wärmeenergie 11 in das Aufbaumaterial 4 einträgt, wobei wenigstens eine Strahlungsquelle Aufbaumaterial zum selektiven Verfestigen lokal erhitzt und wobei das Heizelement 6 unter Verwendung von wenigstens zwei Funktionsöffnungen 18, 19, 20 gleichzeitig Aufbaumaterial 4 und Strahlungsenergie 8 durchläßt. Das Verfahren umfaßt das Erzeugen voneinander unabhängiger Relativbewegungen in x- und/oder y-Richtung mittels einer Anzahl Antriebseinrichtungen 15, 21 zwischen wenigstens zwei der drei folgenden Komponenten: der Aufbauplattform 2, dem Heizelement 6, der wenigstens einen Strahlungsquelle 7, 14.

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

30

Bezugszeichenliste

1 Vorrichtung zum Lasersintern

	2	Aufbauplattform
	3	Objekt, Aufbauschiicht
	4	Aufbaumaterial
	5	Antriebseinrichtung (z)
5	6	Heizelement
	7	Strahlungsquelle, Laser
	8	Laserstrahl
	9	Bereitstellungs-/Aufbringeinrichtung
	10	Steuerung des Materialauftrags
10	11	Wärmestrahlung
	12	Prozeßkammer
	13	Abdeckung
	14	Strahlungsquelle, Laser
	15	Antriebseinrichtung (x/y)
15	16	Antriebssteuerung (z)
	17	Antriebssteuerung (x/y)
	18	Funktionsöffnung, Materialdurchlaß, Beschichtungsöffnung
	19	Funktionsöffnung, Strahlungsdurchlaß, Belichtungsöffnung
20	20	Funktionsöffnung, Heizöffnung
	21	Antriebs- und Steuerungseinrichtung des Lasers
	22	(frei)
	23	Heizmodul
25	24	Heizungssteuerung
	25	Strahlungsquelle, IR-Strahler
	26	Infrarotstrahlung
	27	Steuerung der Zusatzheizung
	28	zentrale Steuerung
30	29	erster Zielbereich
	30	zweiter Zielbereich
	31	Überlappbereich
	32	Bewegungsbahn

- 33 Bewegung des Heizelements in z-Richtung
- 34 Bewegung des Heizelements in x- und/oder y-Richtung
- 35 Bewegung der Strahlungsquelle in x- und/oder y-
Richtung

5

10

15

20

25

30

Ansprüche

1. Vorrichtung (1) zum Herstellen dreidimensionaler Objekte (3) durch selektives Verfestigen eines schichtweise
5 aufgetragenen Aufbaumaterials (4),
- mit einer in einer x-y-Ebene angeordneten Aufbauplattform (2), auf der wenigstens ein dreidimensionales Objekt (3) schichtweise erzeugt wird,
10
- mit einem die Aufbauplattform (2) zumindest teilweise überdeckenden Heizelement (6) zum Eintragen von Wärmeenergie (11) in das Aufbaumaterial (4),
- 15 - mit wenigstens einer Strahlungsquelle (7, 14) zum selektiven Verfestigen von Aufbaumaterial (4) durch lokales Erhitzen,
- wobei das Heizelement (6) wenigstens zwei gleichzeitig
20 verwendbare Funktionsöffnungen (18, 19) aufweist,
- wobei eine der wenigstens zwei Funktionsöffnungen als Materialdurchlaß (18) und eine andere der wenigstens zwei Funktionsöffnungen als Strahlungsdurchlaß (19) ausgebildet
25 ist,
- mit einer Anzahl Antriebseinrichtungen (15, 21) zum Erzeugen von Relativbewegungen in x- und/oder y-Richtung zwischen wenigstens zwei der drei folgenden Komponenten: der
30 Aufbauplattform (2), dem Heizelement (6), der wenigstens einen Strahlungsquelle (7, 14).

2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1,

- mit einer ersten Antriebseinrichtung (15) zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen der Aufbauplattform (2) und dem Heizelement (6) in x- und/oder y-Richtung, und

5
- mit einer zweiten Antriebseinrichtung (21) zum Erzeugen einer Relativbewegung zwischen der wenigstens einen Strahlungsquelle (7, 14) und dem Heizelement (6) in x- und/oder y-Richtung.

3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1 oder 2, mit wenigstens zwei gleichzeitig betreibbaren Strahlungsquellen (7, 14) und einer Steuerung (21) zur Ansteuerung dieser Strahlungsquellen
15 (7, 14) derart, daß sich deren Strahlungsbereiche (29, 30) überlappen.

4. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Form, Anordnung und/oder Größe der Funktionsöffnungen
20 (18, 19, 20) veränderbar ist.

5. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Geschwindigkeit des Heizelements (6) und/oder die Geschwindigkeit der wenigstens einen Strahlungsquelle (7, 14)
25 während des Herstellungsprozesses veränderbar ist.

6. Verfahren zum Herstellen dreidimensionaler Objekte (3) durch selektives Verfestigen eines schichtweise aufgetragenen Aufbaumaterials (4),

30

- wobei auf einer in einer x-y-Ebene angeordneten Aufbauplattform (2) wenigstens ein dreidimensionales Objekt (3) schichtweise erzeugt wird,

- wobei ein die Aufbauplattform (2) zumindest teilweise überdeckendes Heizelement (6) Wärmeenergie (11) in das Aufbaumaterial (4) einträgt,

5

- wobei wenigstens eine Strahlungsquelle (7, 14) Aufbaumaterial (4) zum selektiven Verfestigen lokal erhitzt,

10 - wobei das Heizelement (6) unter Verwendung von wenigstens zwei Funktionsöffnungen (18, 19, 20) gleichzeitig Aufbaumaterial (4) und Strahlungsenergie (8) durchläßt,

15 - wobei eine Anzahl Antriebseinrichtungen (15, 21) Relativbewegungen in x- und/oder y-Richtung zwischen wenigstens zwei der drei folgenden Komponenten erzeugt: der Aufbauplattform (2), dem Heizelement (6), der wenigstens einen Strahlungsquelle (7, 14).

20

25

30

FIG 2

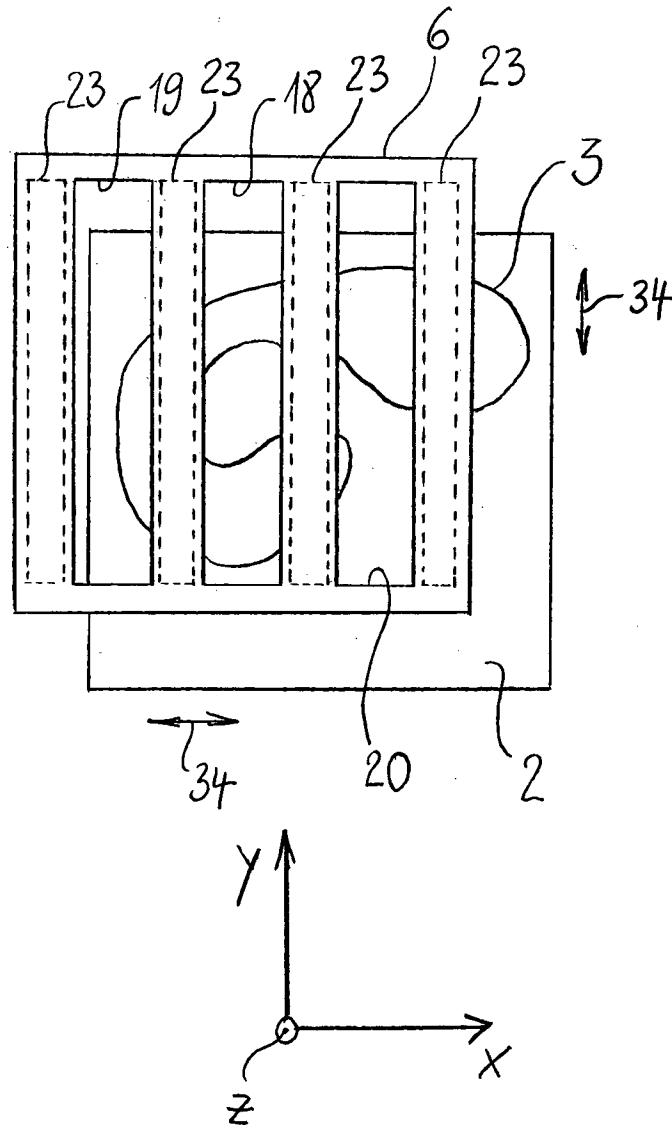


FIG 3

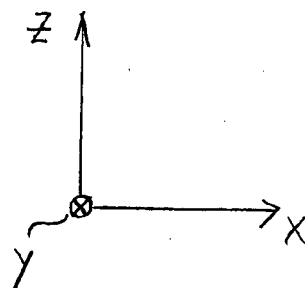
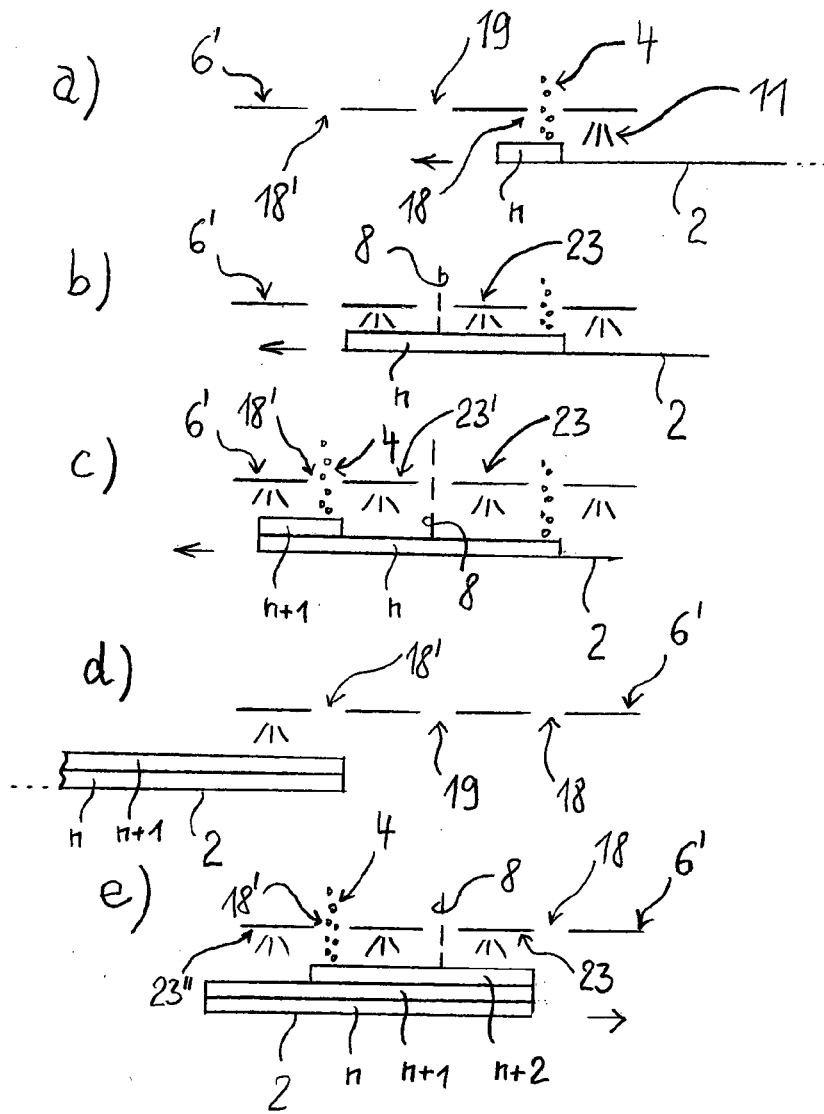
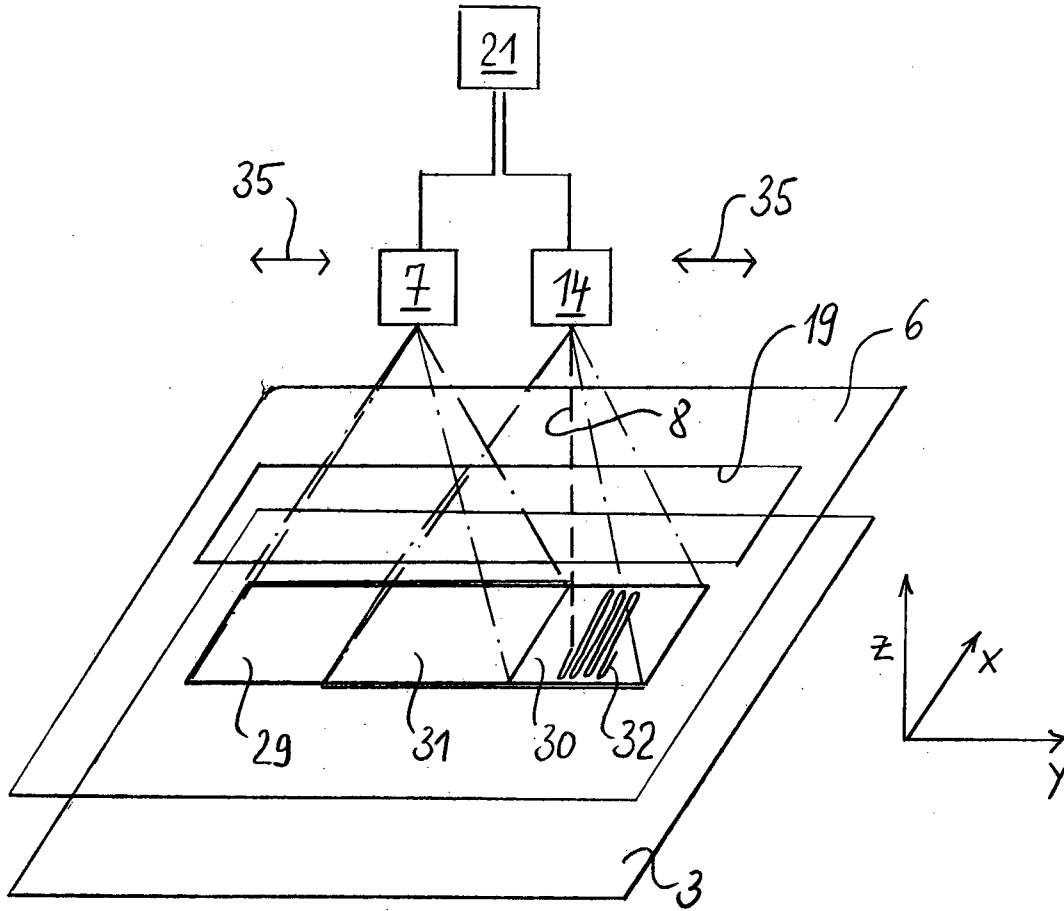


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/002306

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B29C67/00 B22F3/105 B29C35/00
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B29C B22F
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.
A	WO 2006/125507 A1 (EOS ELECTRO OPTICAL SYST [DE]; PHILIPPI JOCHEN [DE]) 30 November 2006 (2006-11-30) figure 1	1-6
A	EP 1 674 192 A1 (GREIWE REINHARD [DE]) 28 June 2006 (2006-06-28) figure 1 page 4, paragraph [0028]	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 6 November 2014	Date of mailing of the international search report 13/11/2014
---	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Gasner, Benoit
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2014/002306

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2006125507	A1	30-11-2006	
		BR PI0607747 A2	16-03-2010
		CN 101107882 A	16-01-2008
		DE 102005024790 A1	07-12-2006
		EP 1762122 A1	14-03-2007
		JP 4959687 B2	27-06-2012
		JP 2008542529 A	27-11-2008
		RU 2354082 C1	27-04-2009
		US 2008131104 A1	05-06-2008
		WO 2006125507 A1	30-11-2006
EP 1674192	A1	28-06-2006	
		AT 438479 T	15-08-2009
		DE 102004063489 B3	31-08-2006
		EP 1674192 A1	28-06-2006

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/002306

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B29C67/00 B22F3/105 B29C35/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B29C B22F		
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.
A	WO 2006/125507 A1 (EOS ELECTRO OPTICAL SYST [DE]; PHILIPPI JOCHEN [DE]) 30. November 2006 (2006-11-30) Abbildung 1	1-6
A	EP 1 674 192 A1 (GREIWE REINHARD [DE]) 28. Juni 2006 (2006-06-28) Abbildung 1 Seite 4, Absatz [0028]	1-6
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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 6. November 2014		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 13/11/2014
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 Gasner, Benoit

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/002306

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2006125507	A1	30-11-2006	
		BR PI0607747 A2	16-03-2010
		CN 101107882 A	16-01-2008
		DE 102005024790 A1	07-12-2006
		EP 1762122 A1	14-03-2007
		JP 4959687 B2	27-06-2012
		JP 2008542529 A	27-11-2008
		RU 2354082 C1	27-04-2009
		US 2008131104 A1	05-06-2008
		WO 2006125507 A1	30-11-2006

EP 1674192	A1	28-06-2006	
		AT 438479 T	15-08-2009
		DE 102004063489 B3	31-08-2006
		EP 1674192 A1	28-06-2006
