

(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
23. Januar 2014 (23.01.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/012764 A1

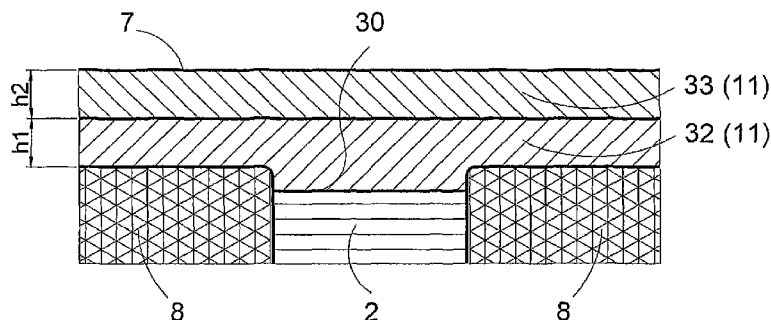
- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
B29C 67/00 (2006.01) *B29C 35/02* (2006.01)
B22F 3/105 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2013/063545
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
27. Juni 2013 (27.06.2013)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2012 212 587.6 18. Juli 2012 (18.07.2012) DE
- (71) **Anmelder:** EOS GMBH ELECTRO OPTICAL SYSTEMS [DE/DE]; Robert-Stirling-Ring 1, 82152 Krailling (DE).
- (72) **Erfinder:** PATERNOSTER, Stefan; Pähler-Hart-Str. 2, 82346 Andechs (DE). PHILIPPI, Jochen; Heimstättenstr. 11, 82166 Gräfelfing (DE).
- (74) **Anwalt:** PRÜFER & PARTNER GBR; Sohnckestr. 12, 81479 München (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, 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, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** DEVICE AND METHOD FOR LAYER-BY-LAYER PRODUCTION OF A THREE-DIMENSIONAL OBJECT

(54) **Bezeichnung :** VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM SCHICHTWEISEN HERSTELLEN EINES DREIDIMENSIONALEN OBJEKTS

Fig. 2



(57) **Abstract:** A method for producing a three-dimensional object by layer-by-layer application and selective hardening of a powdery structural material by the action of energy includes the steps: application of a layer (32+33) of the powdery structural material (11) with a predetermined height (h) to a carrier (6) or a previously at least selectively hardened layer; and introduction of energy (14) from an energy source (13) to selectively harden the powdery structural material in the applied layer at the points corresponding to the cross-section of the object to be produced. The application of the layer with the predetermined height (h) is subdivided into the application of a first layer (32) with a first height (h1) that is less than the predetermined height (h) and the application of at least one second layer (33) with a second height (h2) that is less than the predetermined height (h), wherein the total height (h1+h2+...) of the applied powder sub-layers (32, 33,...) corresponds to the predetermined height (h) and the most recently applied powder layer is heated between the step of applying the first powder sub-layer and the step of applying the second powder sub-layer and any additional powder sub-layers.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2014/012764 A1

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

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

Ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines pulverförmigen Aufbaumaterials durch Einwirkung von Energie enthält die Schritte: Aufbringen einer Schicht (32+33) des pulverförmigen Aufbaumaterials (11) mit einer vorbestimmten Höhe (h) auf einen Träger (6) oder eine zuvor zumindest selektiv verfestigte Schicht und Einbringen von Energie (14) aus einer Energiequelle (13) zum selektiven Verfestigen des pulverförmigen Aufbaumaterials in der aufgetragenen Schicht an den dem Querschnitt des herzustellenden Objektes entsprechenden Stellen. Das Aufbringen der Schicht mit der vorbestimmten Höhe (h) ist unterteilt in das Aufbringen einer ersten Schicht (32) mit einer ersten Höhe (h1), die kleiner als die vorbestimmte Höhe (h) ist, und das Aufbringen zumindest einer zweiten Schicht (33) mit einer zweiten Höhe (h2), die kleiner als die vorbestimmte Höhe (h) ist, wobei die Gesamthöhe (h1+h2+...) der aufgetragenen Pulverteilschichten (32, 33,...) der vorbestimmten Höhe (h) entspricht, und zwischen dem Schritt des Aufbringens der ersten Pulverteilschicht und dem Schritt des Aufbringens der zweiten und eventueller weiterer Pulverteilschichten die jeweils zuletzt aufgetragene Pulverschicht beheizt wird.

Vorrichtung und Verfahren zum schichtweisen Herstellen eines dreidimensionalen Objekts

5 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum schichtweisen Herstellen eines dreidimensionalen Objekts, insbesondere auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes durch schichtweises Verfestigen von Aufbaumaterial an den dem Querschnitt des
10 herzustellenden Objektes in der jeweiligen Schicht entsprechenden Stellen durch Energieeinbringung.

Solch ein Verfahren, das unter dem Namen "Selektives Lasersintern" bekannt ist, sowie eine zugehörige Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens sind aus der DE 10 2005 024 790 A1 bekannt. Gemäß dieser Druckschrift wird zunächst mittels eines Beschichters eine dünne Schicht des pulverförmigen Aufbaumaterials aufgetragen und dieses anschließend an den dem jeweiligen Querschnitt des Objektes entsprechenden Stellen durch Einwirken eines
15 Laserstrahls verfestigt. Diese beiden Schritte werden abwechselnd solange wiederholt, bis das herzustellende dreidimensionale Objekt fertiggestellt ist. Zur Verbesserung der Prozessstabilität und der Qualität der fertigen Objekts wird dabei das Pulver zwischen dem Auftragen und dem Verfestigen durch eine
20 Strahlungsheizung vorgeheizt. Über eine Temperaturmesseinrichtung wird die Temperatur der aufgetragenen Pulverschicht gemessen und die Leistung der Strahlungsheizung entsprechend nachgeregelt.

30 Die Qualität des hergestellten Objekts hängt von der Art des verwendeten Pulvers ab. So können insbesondere aus Pulver mit erhöhter Schmelzviskosität hergestellte Objekte an ihrer Oberfläche Einfallstellen aufweisen (also Vertiefungen in der Ober-

fläche des hergestellten Objekts, im Allgemeinen auch als "Orangenhaut" bezeichnet), wodurch die Qualität der Objekte verringert wird.

- 5 Zur Lösung dieses Problems wurden spezielle Pulver entwickelt, die jedoch teuer sind und damit die Kosten erhöhen. Außerdem haben die daraus erstellten Bauteile schlechtere mechanische Eigenschaften.
- 10 Ferner wurden spezielle Beschichterklängeometrien vorgeschlagen, mit denen sich das Auftreten von Einfallstellen verringern lässt. Hierzu ist jedoch eine Umrüstung bestehender Maschinen erforderlich.
- 15 DE 43 09 524 C2 offenbart ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts mittels Stereolithographie, bei dem das herzustellende Objekt in einen Kernbereich und einen Hüllbereich unterteilt wird. Der Hüllbereich, in dem es auf hohe Genauigkeit und Qualität der Oberfläche ankommt, wird vollflächig
- 20 nach jedem Schichtauftrag verfestigt. Im Kernbereich, in dem es auf geringen Verzug und geringe Bauzeiten ankommt, wird nur eine Wabenstruktur verfestigt. In einer speziellen Ausführungsform werden zunächst mehrere Schichten Material aufgebracht und im Hüllbereich verfestigt. Erst nach mehrmals aufeinander folgendem
- 25 Aufbringen der Schichten und Verfestigen des Hüllbereichs wird das Material des Kernbereichs verfestigt. Das Verfahren ist vor allem für flüssige Aufbaumaterialien offenbart, als Alternative ist jedoch auch pulverförmiges Material angegeben. Das Problem des Auftretens von Einfallstellen wird jedoch in der gesamten
- 30 Druckschrift nicht erwähnt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensiona-

len Objektes durch schichtweises Verfestigen von pulverförmigem Ausgangsmaterial bereitzustellen, durch welche auch bei der Verwendung von herkömmlichem Pulver und herkömmlichen Klingengeometrien Objektoberflächen hoher Qualität erzielt werden können, die insbesondere keine Einfallstellen zeigen.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1, eine Vorrichtung gemäß Anspruch 11 und ein Computerprogramm gemäß Anspruch 16. Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben.

Überraschenderweise wurde festgestellt, dass durch das Aufbringen einer zu verfestigenden Schicht in zwei oder mehr aufeinanderfolgenden Beschichtungsschritten Bauteile mit verbesserter Oberflächenqualität und geringeren Einfallstellen (Orangenhaut) generiert werden konnten.

Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Figuren.

Fig. 1 ist eine schematische teilweise im Schnitt dargestellte Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zum schichtweisen Herstellen eines dreidimensionalen Objekts, die zum Durchführen der vorliegenden Erfindung geeignet ist.

Fig. 2 ist eine vergrößerte Schnittansicht eines Ausschnitts, der in Fig. 1 von einer gestrichelten Linie umrahmt ist, und zeigt einen Zustand während der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 3 ist eine vergrößerte Schnittansicht eines Ausschnitts, der in Fig. 1 von einer gestrichelten Linie umrahmt ist, und zeigt einen Zustand während der Durchführung eines Vergleichsverfahrens, bei dem wie in einem üblichen Verfahren vorgegangen wurde.

Fig. 4 ist eine vergrößerte Schnittansicht ähnlich Fig. 2 und zeigt einen Zustand während der Durchführung einer Abwandlung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 5 ist eine vergrößerte Schnittansicht ähnlich Fig. 2 und zeigt einen Zustand während der Durchführung einer weiteren Abwandlung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Im Folgenden wird mit Bezug auf Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung beschrieben, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung stellt eine Lasersintervorrichtung 1 dar. Zum Aufbauen des Objekts 2 enthält sie eine Prozesskammer 3, die durch eine Kammerwand 4 nach außen abgeschlossen ist und als Bauraum für das Objekt dient.

In der Prozesskammer 3 ist ein nach oben offener Behälter 5 angebracht, in dem ein Träger 6 mit einer im wesentlichen ebenen und zu der Oberkante des Baubehälters im wesentlichen parallel ausgerichteten Oberseite angeordnet ist. Der Träger 6 dient zur Unterstützung des zu bildenden Objekts 2 und ist, in Fig. 1 durch einen vertikalen Doppelpfeil V angedeutet, über eine (nicht dargestellte) Höhenverstelleinrichtung in vertikaler Richtung bewegbar. Dabei wird der Träger 6 in vertikaler Richtung jeweils so eingestellt, dass die Oberseite einer neu zu verfestigenden Schicht in einer Arbeitsebene 7 liegt. In Fig. 1 ist das zu bildende Objekt 2 in einem Zwischenzustand darge-

stellt, in dem bereits eine Mehrzahl von Schichten pulverförmigen Aufbaumaterials selektiv verfestigt wurde und von unverfestigt gebliebenem Aufbaumaterial 8 umgeben ist.

5 Weiterhin enthält die Lasersintervorrichtung 1 einen Vorratsbehälter 10 zur Aufnahme eines durch elektromagnetische Strahlung verfestigbaren pulverförmigen Aufbaumaterials 11 und einen Beschichter 12 zum Aufbringen des Aufbaumaterials 11 auf die Arbeitsebene 7. Der Beschichter 12 ist, wie in Fig. 1 durch einen
10 horizontalen Doppelpfeil H angedeutet, in horizontaler Richtung parallel zu der Arbeitsebene beweglich.

Die Lasersintervorrichtung 1 weist ferner einen Laser 13 auf, der einen Laserstrahl 14 erzeugt. Der Laserstrahl 14 wird über
15 eine Umlenkvorrichtung 15 umgelenkt und durch eine Fokussiervorrichtung 16 über ein Einkoppelfenster 17 in der Wand der Prozesskammer 3 auf einen vorbestimmten Punkt in bzw. unmittelbar unterhalb der Arbeitsebene 7 fokussiert.

20 Zum Vorheizen des Pulvers ist eine Strahlungsheizung 18 vorgesehen. Ferner ist eine Temperaturmesseinrichtung 19 vorgesehen, die vorzugsweise durch ein Punktpyrometer verwirklicht ist.

Schließlich ist eine Steuereinheit 20 vorgesehen, über die die
25 Bestandteile der Vorrichtung in koordinierter Weise zum Durchführen des Bauprozesses gesteuert werden. Die Steuereinheit 20 steuert u.a. die Vertikalbewegung des Trägers 6, die Horizontalbewegung des Beschichters 12 und die Umlenkvorrichtung 15. Gegebenenfalls werden auch die Fokussiervorrichtung 16, die Intensität des Lasers 13 und die Leistung der Strahlungsheizung 18 ge-
30 steuert. Für eine Temperatursteuerung erhält die Steuereinheit 20 die Messergebnisse von der Temperaturmesseinrichtung 19. Die

Steuereinheit kann eine CPU enthalten, deren Betrieb durch ein Computerprogramm gesteuert wird.

5 Mit Bezug auf Fig. 2 wird nun ein erfindungsgemäßer Betrieb der Lasersintervorrichtung 1 zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts beschrieben.

Fig. 2 zeigt vergrößert einen Ausschnitt A, der in Fig. 1 von einer gestrichelten Linie umrahmt ist. Das erst teilweise fertig
10 gestellte Objekt 2 ist von unverfestigt gebliebenem Pulver 8 umgeben. Da das Pulver beim Verfestigen an Volumen verliert, liegt die Oberfläche des Objekts 2 unterhalb der des unverfestigt gebliebenen Pulvers 8, so dass an dieser Stelle eine Einsenkung 30 ausgebildet ist.

15

Zum Aufbringen einer Pulverschicht der Dicke h wird der Träger 6 zunächst um eine erste Höhe h_1 abgesenkt, die kleiner ist als die gewünschte Schichtdicke h . Unter Verwendung des Beschichters 12 wird nun eine erste Schicht 32 des pulverförmigen Aufbaumaterials 11 aufgetragen. Die Aufbringung erfolgt zumindest über den
20 gesamten Querschnitt des herzustellenden Objekts, vorzugsweise über das gesamte Baufeld. Die Dicke dieser ersten Pulverteilschicht 32 beträgt somit ebenfalls h_1 , ausgenommen dort, wo sie zusätzlich die Einsenkung 30 füllt. Damit ergibt sich eine ebene
25 Oberfläche der ersten Pulverteilschicht 32.

Ohne eine Belichtung der ersten Pulverteilschicht 32 oder eines Teilbereichs dieser Schicht mit dem Laser 13 durchzuführen, wird nun der Träger 6 um eine zweite Höhe h_2 abgesenkt, die kleiner
30 ist als die gewünschte Dicke h und mit der ersten Höhe h_1 zusammen die gewünschte Höhe h ergibt ($h=h_1+h_2$). Vorzugsweise sind h_1 und h_2 gleich groß und betragen die Hälfte von h ($h_1=h_2=h/2$), dies ist jedoch nicht zwingend. Unter Verwendung des Beschicht-

ters 12 wird nun eine zweite Schicht 33 des pulverförmigen Aufbaumaterials 11 aufgetragen. Auch die Aufbringung der zweiten Pulverteilschicht 33 erfolgt zumindest über den gesamten Querschnitt des herzustellenden Objekts, vorzugsweise über das gesamte Baufeld. Die Dicke dieser zweiten Pulverteilschicht 33 beträgt somit ebenfalls h_2 , so dass die Gesamtdicke des neu aufgebrauchten Pulvers 11, also die gemeinsame Dicke der Schichten 32 und 33, h beträgt. Damit ergibt sich eine ebene Oberfläche der zweiten Pulverteilschicht 33 in der Arbeitsebene 7.

10

Vor der Belichtung mit dem Laser 13 muss das neu aufgebrauchte Pulver 11 in den beiden Pulverteilschichten 32 und 33 erst auf die erforderliche Prozesstemperatur gebracht werden. Die Erwärmung des Pulvers erfolgt dabei von oben durch die Strahlungsheizung 18, und zwar sowohl zwischen dem Aufbringen der beiden Schichten als auch nach dem Aufbringen der zweiten Schicht. Die Pulvertemperatur wird dabei durch die Temperaturmesseinrichtung 19 erfasst und an die Steuereinheit 20 weitergegeben, welche die Strahlungsheizung so ansteuert, dass eine Temperaturregelung der Pulvertemperatur erfolgt. Vorzugsweise ist das Messfeld der Temperaturmesseinrichtung 19 auf einen Bereich der Pulverschicht gerichtet, in dem keine Verfestigung des Pulvers durch den Laserstrahl 14 erfolgt. Um die erforderliche Prozesstemperatur schneller zu erreichen, kann in der Zeit zwischen den beiden Beschichtungsvorgängen auf die Temperaturregelung verzichtet werden und stattdessen in dieser Zeit die Strahlungsheizung 18 mit einer konstanten Leistung betrieben werden.

Mit Bezug auf Fig. 3 wird nun ein zum Vergleich durchgeführtes Verfahren beschrieben, bei dem auf die Unterteilung der aufzubringenden Schicht in zwei oder mehr Schichten verzichtet wurde. Parameter und Vorgehensweisen, die identisch zu dem erfindungsgemäßen Verfahren sind, werden dabei nicht nochmals beschrieben.

30

Fig. 3 zeigt wie Fig. 2 vergrößert den Ausschnitt A, der in Fig. 1 von einer gestrichelten Linie umrahmt ist. Das obere Ende des erst teilweise fertig gestellten Objekts 2, das dieses umgebende
5 unverfestigt gebliebene Pulver 8 sowie die Einsenkung 30 sind genauso wie in Fig. 2 dargestellt und werden daher nicht noch einmal beschrieben.

Gemäß dem Vergleichsverfahren wird zum Aufbringen einer Pulverschicht der Dicke h der Träger 6 um eine Höhe h abgesenkt. Unter
10 Verwendung des Beschichters 12 wird nun eine neue Pulverschicht 31 aufgetragen, deren Dicke der Absenkung des Trägers, also ebenfalls h , entspricht. Damit liegt die Oberseite der neuen Pulverschicht 31 in der Arbeitsebene 7.

15

Bevor die Belichtung mit dem Laser 13 erfolgen kann, wird wiederum erst die Oberfläche der neu aufgetragenen Pulverschicht 31 mit der Strahlungsheizung auf die erforderliche Prozesstemperatur gebracht.

20

Das erfindungsgemäße Verfahren führt gegenüber dem Vergleichsverfahren bei dem gleichen Pulvermaterial und den gleichen generierten Objekten zu einem deutlich gleichmäßigeren Schichtverlauf und einer deutlichen Verringerung der Einfallstellen und
25 damit zu einer deutlich erhöhten Oberflächenqualität. Somit kann auch bei der Verwendung von Pulver mit erhöhter Schmelzviskosität eine zufrieden stellende Oberflächengüte erzielt werden. Die für das Beheizen der beiden Schichten erforderliche Zeit, die die Prozessdauer maßgeblich bestimmt, liegt dabei in Summe in
30 der Größenordnung der zum Beheizen der Gesamtschicht in dem Vergleichsverfahren erforderlichen Zeit, so dass sich die Herstellungsdauer des Objekts nicht oder nur unwesentlich erhöht.

Das Aufbringen der zwei Pulverteilschichten kann wie oben beschrieben durch zweimaliges Absenken des Trägers und zweimaliges Fahren des Beschichters über den zu beschichtenden Bereich verwirklicht werden. In einer Abwandlung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann sie aber auch durch einmaliges Absenken des Trägers und einmaliges Fahren des Beschichters erzielt werden, wie es schematisch in den Figuren 4 und 5 dargestellt ist.

Wie in Fig. 4 gezeigt, wird dafür ein Beschichter eingesetzt, der zwei in Fahrtrichtung hintereinander angeordnete Teilschicht-Beschichter (12a, 12b) aufweist. Der Träger wird um die Gesamthöhe h (h_1+h_2) der aufzubringenden Schicht abgesenkt. Der in Fahrtrichtung vordere Teilschicht-Beschichter (12a) ist auf eine Höhe über der zuvor aufgebrauchten Schicht eingestellt, die der Dicke (h_1) der ersten Pulverteilschicht (32) entspricht, und der zweite Teilschicht-Beschichter (12b) ist auf eine Höhe eingestellt, die der Summe der Dicken (h_1+h_2) der beiden Pulverteilschichten (32, 33) entspricht. Der Höhenunterschied zwischen beiden Teilschicht-Beschichtern entspricht somit der Dicke (h_2) der zweiten Pulverteilschicht (33). Vor den Teilschicht-Beschichtern aufgebrauchtes Pulver (11) wird von den Teilschicht-Beschichtern jeweils zu einer gleichmäßigen Schicht (32, 33) ausgezogen. Dabei wird die zweite Pulverteilschicht (33) an Stellen gebildet, an denen kurz vorher die erste Pulverteilschicht (32) gebildet wurde. Damit auch hier ein Heizen zwischen dem Aufbringen der beiden Schichten erfolgen kann, ist in Fahrtrichtung hinter jedem Teilschicht-Beschichter (12a, 12b) ein Heizelement (18a, 18b) angeordnet, das mit dem Teilschicht-Beschichter verfahren wird und beispielsweise aus einer Strahlenheizung gebildet ist.

Eine weitere Abwandlung ist in Fig. 5 gezeigt. Hier sind die Beschichter mit zwei Klingen versehen, die zwischen sich ein Re-

servoir für das aufzutragende Pulver bilden. Das Pulver wird jeweils durch die in Fahrtrichtung hintere Klinge zu einer gleichmäßigen Schicht (32, 33) ausgezogen. Auch bei dieser Abwandlung ist in Fahrtrichtung hinter jedem Teilschicht-Beschichter (12a, 12b) ein Heizelement (18a, 18b) angeordnet.

Mit beiden Abwandlungen ist auch eine Beschichtung bei unterschiedlicher Fahrtrichtung des Beschichters möglich. Dabei müssen zunächst die Höhenpositionen der beiden Teilschicht-Beschichter getauscht werden, da der ehemals vordere Teilschicht-Beschichter jetzt der hintere ist und umgekehrt. Außerdem muss dafür Sorge getragen werden, dass das Heizelement jeweils in Fahrtrichtung hinter dem Teilschicht-Beschichter angeordnet ist. Das kann durch Verschwenken eines einzelnen Heizelements oder durch Anordnen von Heizelementen auf beiden Seiten des jeweiligen Teilschicht-Beschichters erreicht werden.

Je nach den Eigenschaften des Pulvers, den verwendeten Prozessparametern wie Schichtdicke und Pulvertemperatur usw. und den Qualitätsanforderungen an das fertiggestellte Objekt kann es auch vorteilhaft sein, die aufzubringende und zu belichtende Pulverschicht in mehr als zwei Pulverteilschichten zu unterteilen, die nacheinander übereinander aufgebracht werden, bevor eine Belichtung stattfindet. Die gewünschte Höhe h ist dann die Summe der Höhen der einzelnen Pulverteilschichten ($h=h_1+h_2+\dots+h_n$). Die Höhen h_1 bis h_n können dabei zueinander gleich oder voneinander verschieden sein. Beheizt wird nach dem Aufbringen jeder dieser einzelnen Pulverteilschichten. Die Temperaturregelung kann dann in analoger Weise zwischen dem Aufbringen der ersten Pulverteilschicht und dem Aufbringen der letzten Pulverteilschicht ausgesetzt werden und die Strahlungsheizung mit ihrer maximalen Leistung betrieben werden. Bei der Abwandlung der Schichtaufbringung enthält der Beschichter in

diesem Fall drei oder mehr Teilschicht-Beschichter und Heizelemente.

Die Unterteilung der Schicht zur Verbesserung der Oberflächenqualität (gleichmäßigerer Schichtverlauf, Vermeidung von Einfallstellen) in eine oder mehrere entsprechend dünnere Pulverteilschichten, die erst nach dem Auftrag der letzten Pulverteilschicht verfestigt werden, ist vor allem für einen Randbereich entlang der Außenkontur des herzustellenden Objekts von Bedeutung. So kann durchaus in einem Kernbereich nach dem Aufbringen jeder Schicht eine Verfestigung des Materials durchgeführt werden, während das in dem Randbereich bzw. an der Außenkontur erst nach dem Aufbringen der letzten Schicht erfolgt.

Auch wenn die vorliegende Erfindung anhand einer Lasersintervorrichtung beschrieben wurde, ist sie nicht auf das Lasersintern eingeschränkt. Sie kann auf beliebige Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines pulverförmigen Aufbaumaterials durch Einwirkung von Energie angewendet werden. So kann z.B. anstelle eines Lasers eine Leuchtdiode (LED), ein LED-Array, ein Elektronenstrahl oder jede andere Energie- bzw. Strahlenquelle, die geeignet ist, das pulverförmige Aufbaumaterial zu verfestigen, verwendet werden. Auch auf das selektive Maskensintern, bei dem anstelle eines Laserstrahls eine Maske und eine ausgedehnte Lichtquelle verwendet werden, oder auf das Absorptions- bzw. Inhibitionssintern kann die Erfindung angewendet werden. Insbesondere bezieht sich die Erfindung allgemein auf das Herstellen eines gesamten Objekts allein mittels schichtweisen Auftragens und selektiven Verfestigens eines pulverförmigen Aufbaumaterials.

Als Aufbaumaterial können alle Arten von Kunststoffpulver verwendet werden. Beispiele für geeignete Kunststoffpulver sind Po-

lyamide, z.B. PA11 oder PA12, und Polyetherketone bzw. Polyaryletherketone wie z.B. PEEK. Besonders vorteilhaft lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren für unregelmäßige Polyamide einsetzen, die einer besonders starken Alterung beim Lasersintern unterliegen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes
5 durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines pulverförmigen Aufbaumaterials durch Einwirkung von Energie, mit den Schritten:

Aufbringen einer Schicht (32, 33) des pulverförmigen Aufbaumaterials (11) mit einer vorbestimmten Höhe (h) auf einen Träger
10 (6) oder eine zuvor zumindest selektiv verfestigte Schicht des Aufbaumaterials und

Einbringen von Energie (14) aus einer Energiequelle (13) in die aufgetragene Schicht an den einem Querschnitt des herzustellenden Objektes entsprechenden Stellen zum selektiven Verfestigen des pulverförmigen Aufbaumaterials, wobei
15

der Schritt des Aufbringens der Schicht mit der vorbestimmten Höhe (h) unterteilt ist in einen Schritt des Aufbringens einer ersten Pulverteilschicht (32) mit einer ersten Höhe (h1), die kleiner als die vorbestimmte Höhe (h) ist, und einen Schritt
20 des Aufbringens zumindest einer zweiten Pulverteilschicht (33) mit einer zweiten Höhe (h2), die kleiner als die vorbestimmte Höhe (h) ist, auf der ersten Pulverteilschicht (32),

wobei die Gesamthöhe (h1+h2+...) der aufgebrauchten Pulverteilschichten (32, 33, ...) der vorbestimmten Höhe (h) entspricht und
25

zwischen dem Schritt des Aufbringens der ersten Pulverteilschicht und dem Schritt des Aufbringens der zweiten und eventueller weiterer Pulverteilschichten die jeweils zuletzt aufgebrauchte Pulverteilschicht beheizt wird, dadurch gekennzeichnet,
30 dass zwischen dem Schritt des Aufbringens der ersten Pulverteilschicht (32) und dem Schritt des Aufbringens der zweiten (33) und eventueller weiterer Pulverteilschichten zumindest in einem Randbereich des herzustellenden Objekts kein Einbringen von

Energie zum selektiven Verfestigen des pulverförmigen Aufbaumaterials erfolgt.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem zwischen dem Schritt des
5 Aufbringens der ersten Pulverteilschicht (32) und dem Schritt
des Aufbringens der zweiten (33) und eventueller weiterer Pul-
verteilschichten über den gesamten Querschnitt des herzustellen-
den Objekts kein Einbringen von Energie zum selektiven Verfesti-
gen des pulverförmigen Aufbaumaterials erfolgt.

10

3. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 2, bei dem
die Temperatur der aufgetragenen Schicht (32, 33) des pul-
verförmigen Aufbaumaterials (11) gemessen wird und
die Beheizung der aufgetragenen Schicht (32, 33) in Abhän-
15 gigkeit von der gemessenen Temperatur der aufgetragenen Schicht
geregelt wird.

4. Verfahren gemäß Anspruch 3, bei dem zwischen den Aufbring-
vorgängen der Pulverteilschichten (32, 33) die Regelung der Tem-
20 peratur ausgesetzt wird und mit konstanter Leistung geheizt
wird.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die E-
nergie als elektromagnetische Strahlung eingebracht wird, vor-
25 zugsweise als Strahlung eines Lasers.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem das
Aufbaumaterial ein Kunststoffpulver (11) ist, vorzugsweise ein
Polyamid, z.B. PA11 oder PA12, oder ein Polyaryletherketon, z.B.
30 PEEK, besonders bevorzugt unregelmäßige Polyamide.

7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem das
Aufbringen der Schicht mit der vorbestimmten Höhe (h) unterteilt

ist in das Aufbringen von zwei Pulverteilschichten (32, 33), die jeweils die halbe vorbestimmte Höhe ($h/2$) aufweisen.

8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem das
5 Aufbringen der Schicht mit der vorbestimmten Höhe (h) unterteilt ist in das Aufbringen von drei oder mehr Pulverteilschichten.

9. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem das
10 Aufbringen der zwei oder mehr Pulverteilschichten (32, 33) während der horizontalen Bewegung von zwei oder mehr hintereinander fahrenden Teilschicht-Beschichtern (12a, 12b) erfolgt.

10. Verfahren gemäß Anspruch 9, bei dem
das Aufbringen der zwei oder mehr Pulverteilschichten (32,
15 33) sowohl während der horizontalen Bewegung der zwei oder mehr hintereinander fahrenden Teilschicht-Beschichter (12a, 12b) in die eine Richtung als auch während der horizontalen Bewegung der Teilschicht-Beschichter in die entgegengesetzte Richtung erfolgt,

20 wobei die Höhenpositionen der einzelnen Teilschicht-Beschichter beim Wechsel der Fahrtrichtung getauscht werden.

11. Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines
25 pulverförmigen Aufbaumaterials durch Einwirkung von Energie, mit einem Träger (6), auf dem das Objekt (2) aufgebaut wird, einem Beschichter (12) zum Auftragen einer Schicht des Aufbaumaterials (11) auf den Träger oder eine zuvor zumindest selektiv verfestigte Schicht,

30 einer Energiequelle (13) zum Einbringen von Energie (14) in eine zuvor aufgetragene Schicht des Aufbaumaterials, und einer Steuereinheit (20) zum Steuern des Auftragens einer Schicht und der Einbringung von Energie,

wobei die Steuereinheit vorzugsweise eine CPU enthält, deren Betrieb durch ein Computerprogramm steuerbar ist,

dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit daran angepasst ist, die Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zu steuern.

12. Vorrichtung gemäß Anspruch 11, weiter mit

einer Strahlungsheizung (18) zum Heizen der aufgebracht Schicht (32, 33) des pulverförmigen Aufbaumaterials (11).

10

13. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, weiter mit einer Temperaturmessvorrichtung (19) zum Messen der Temperatur der aufgebracht Schicht (32, 33) des pulverförmigen Aufbaumaterials (11), wobei die Temperaturmessvorrichtung (19) vorzugsweise ein Punktpyrometer ist.

15

14. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 11 bis 13, bei dem die Energiequelle (13) eine Quelle elektromagnetischer Strahlung, vorzugsweise ein Laser ist.

20

15. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 11 bis 14, bei der der Beschichter (12) zwei oder mehr in Fahrtrichtung hintereinander angeordnete Teilschicht-Beschichter (12a, 12b) enthält.

25

16. Computerprogramm, das in der Lage ist, wenn es ausgeführt wird, eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines pulverförmigen Aufbaumaterials durch Einwirkung von Energie so zu steuern, dass sie ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 durchführt.

30

17. Dreidimensionales Objekt, das durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 hergestellt wurde.

Fig. 1

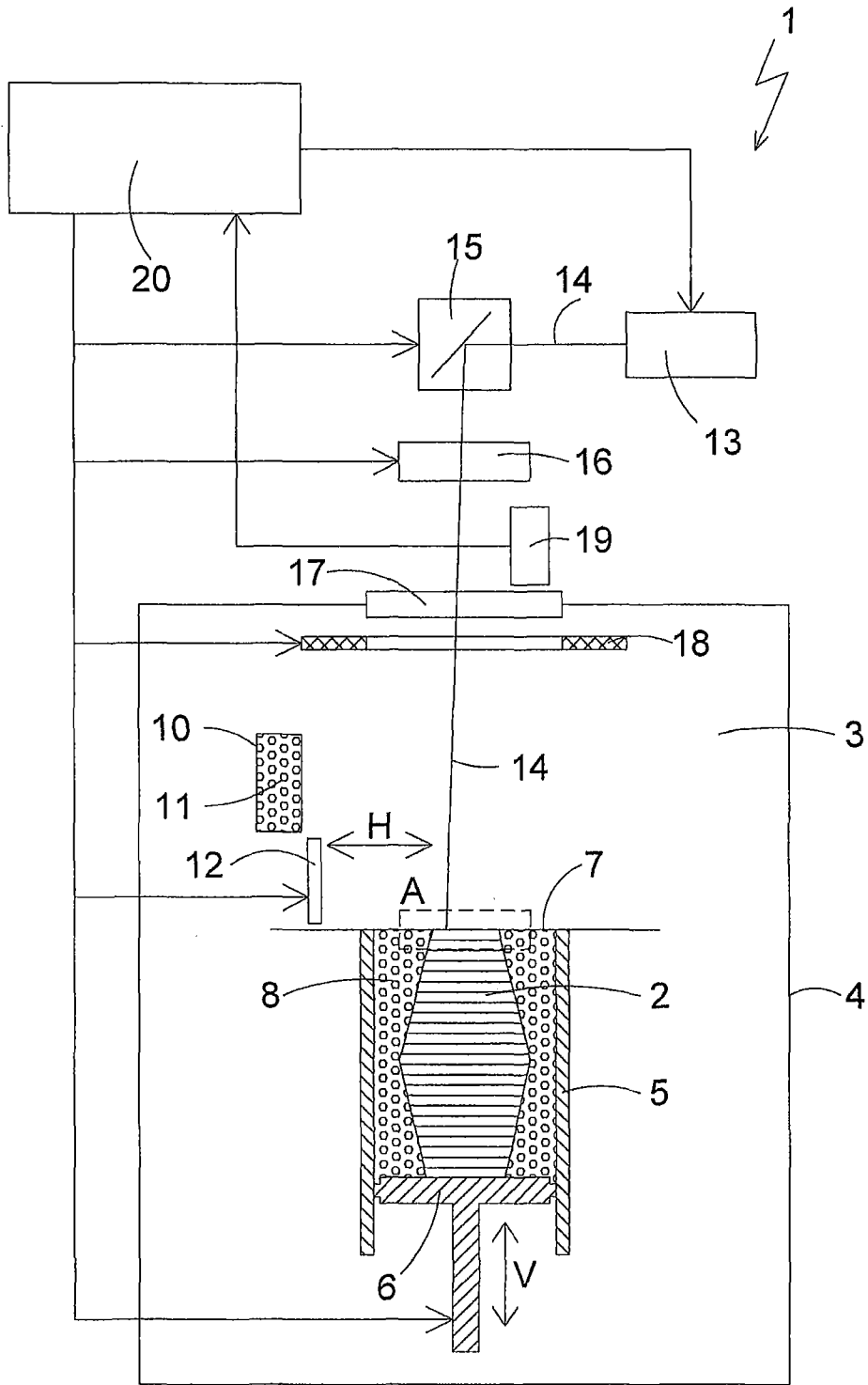


Fig. 2

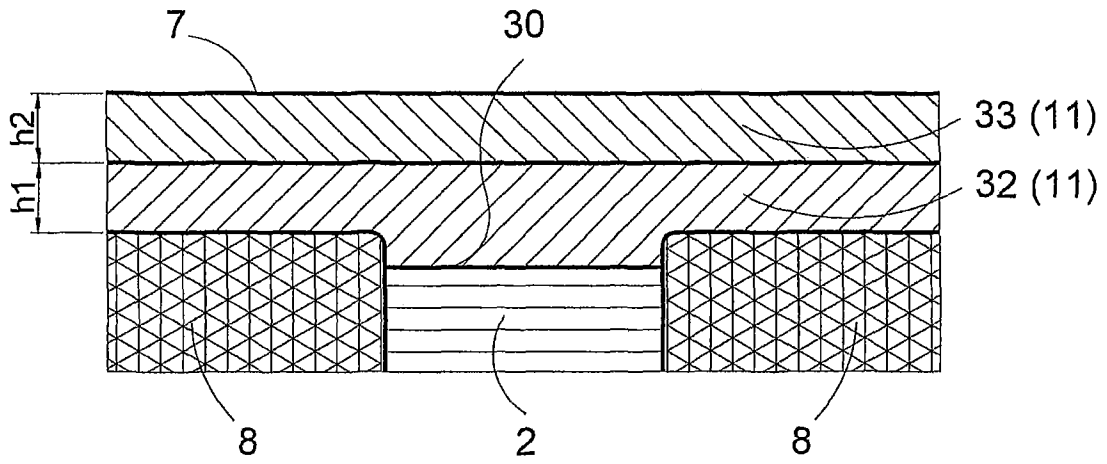
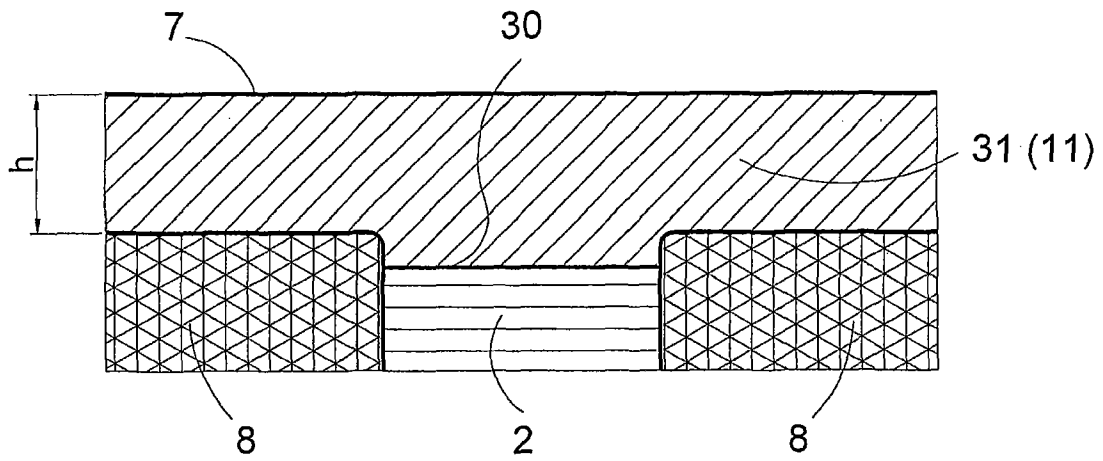


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/063545

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B29C67/00 B22F3/105
ADD. B29C35/02

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.
X	EP 2 156 942 A1 (ECOLE NATIONALE D INGENIEURS D [FR]; INST PHYSIQUE B I STEPANOV DE [BY]) 24 February 2010 (2010-02-24)	17
A	paragraph [0001] paragraph [0039] paragraph [0071] - paragraph [0077]	1-16
X	EP 1 600 282 A1 (3D SYSTEMS INC [US]) 30 November 2005 (2005-11-30)	17
A	claims 1, 12, 13; figures 9-18	1-16
X	EP 2 340 925 A1 (EOS ELECTRO OPTICAL SYST [DE]) 6 July 2011 (2011-07-06)	17
A	claim 1; figures 1-5	1-16
A	DE 10 2007 040755 A1 (JACOB JENS [DE]) 5 March 2009 (2009-03-05)	1-17
	abstract; figure 1	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 October 2013

Date of mailing of the international search report

22/10/2013

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

Pierre, Nathalie

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2013/063545

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 2156942	A1	24-02-2010	AT 502758 T EP 2156942 A1	15-04-2011 24-02-2010
EP 1600282	A1	30-11-2005	DE 102005015986 A1 DE 602005001972 T2 EP 1600282 A1 JP 4146454 B2 JP 2005335392 A US 2005263934 A1	05-01-2006 20-12-2007 30-11-2005 10-09-2008 08-12-2005 01-12-2005
EP 2340925	A1	06-07-2011	DE 102010004036 A1 EP 2340925 A1 JP 2011140222 A US 2011165340 A1	07-07-2011 06-07-2011 21-07-2011 07-07-2011
DE 102007040755	A1	05-03-2009	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/063545

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B29C67/00 B22F3/105
 ADD. B29C35/02

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.
X	EP 2 156 942 A1 (ECOLE NATIONALE D INGENIEURS D [FR]; INST PHYSIQUE B I STEPANOV DE [BY]) 24. Februar 2010 (2010-02-24)	17
A	Absatz [0001] Absatz [0039] Absatz [0071] - Absatz [0077]	1-16
X	EP 1 600 282 A1 (3D SYSTEMS INC [US]) 30. November 2005 (2005-11-30)	17
A	Ansprüche 1, 12, 13; Abbildungen 9-18	1-16
X	EP 2 340 925 A1 (EOS ELECTRO OPTICAL SYST [DE]) 6. Juli 2011 (2011-07-06)	17
A	Anspruch 1; Abbildungen 1-5	1-16
A	DE 10 2007 040755 A1 (JACOB JENS [DE]) 5. März 2009 (2009-03-05) Zusammenfassung; Abbildung 1	1-17

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
11. Oktober 2013	22/10/2013
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 Pierre, Nathalie

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/063545

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2156942	A1	24-02-2010	AT 502758 T 15-04-2011 EP 2156942 A1 24-02-2010
EP 1600282	A1	30-11-2005	DE 102005015986 A1 05-01-2006 DE 602005001972 T2 20-12-2007 EP 1600282 A1 30-11-2005 JP 4146454 B2 10-09-2008 JP 2005335392 A 08-12-2005 US 2005263934 A1 01-12-2005
EP 2340925	A1	06-07-2011	DE 102010004036 A1 07-07-2011 EP 2340925 A1 06-07-2011 JP 2011140222 A 21-07-2011 US 2011165340 A1 07-07-2011
DE 102007040755	A1	05-03-2009	KEINE