

(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
02. Juni 2022 (02.06.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/111973 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B22F 10/28 (2021.01) *B29C 64/393* (2017.01)
B22F 10/366 (2021.01) *B33Y 10/00* (2015.01)
B29C 64/153 (2017.01) *B33Y 50/02* (2015.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/080750

(22) Internationales Anmeldedatum:
05. November 2021 (05.11.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
20210014.5 26. November 2020 (26.11.2020) EP

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

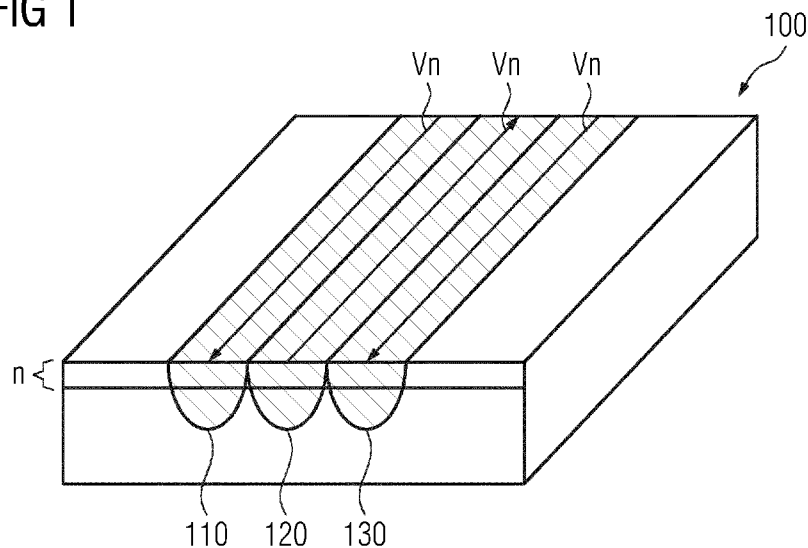
(72) Erfinder: **HEINRICHSORFF, Frank**; Wilhelm-Busch-Straße 14, 14513 Teltow (DE). **KASTSIAN, Darya**; Pestalozzistr. 91, 14612 Falkensee (DE). **REZNIK, Daniel**; Borgfelder Steig 8, 13503 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING AN OBJECT LAYER BY LAYER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM SCHICHTWEISEN HERSTELLEN EINES OBJEKTS

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing an object layer by layer using a powder-based 3D printing method by selective fusing of layers (n, n+1, n+2) of a powder in a powder bed (100) by means of a selective laser melting process or selective electron beam melting process. To avoid local overheating in selective, powder-based 3D printing methods, at least two successive layers (n, n+1, n+2) are combined to form a group (G1, G2) in each case. The method also comprises the following steps for each of the groups (G1, G2): - providing a first layer (n) of the powder, - fusing at least one part of the first layer (n) with first exposure vectors (Vn), which are arranged parallel to one another and at a definable distance (h) from one another, - providing a second layer (n+1) of powder, - fusing at least one part of the second layer (n+1) with second exposure vectors (Vn+1), which are arranged at an offset (x1, x2) parallel to the first exposure vectors (Vn), wherein the exposure vectors (Vn, Vn+1, Vn+2) of successive groups (G1, G2) are rotated by an angle (α) to one another.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum schichtweisen Herstellen eines Objekts mit einem pulverbasierten 3D-Druckverfahren durch selektives Verfestigen von Schichten (n, n+1, n+2) eines Pulvers in einem Pulverbett (100) mittels eines se-



WO 2022/111973 A1

RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM,
ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

lektiven Laserschmelz- oder selektiven Elektronenstrahl-schmelz-Prozesses. Um lokalen Überhitzungen bei selektiven, pulverbasierten 3D-Druckverfahren, vorzubeugen werden jeweils zumindest zwei aufeinanderfolgende Schichten ($n, n+1, n+2$) zu einer Gruppe ($G1, G2$) zusammengefasst. Das Verfahren umfasst weiterhin für jede der Gruppen ($G1, G2$) die folgenden Schritte: - Bereitstellen einer ersten Schicht (n) des Pulvers, - Verfestigen zumindest eines Teils der ersten Schicht (n) mit ersten Belichtungsvektoren (V_n), die zueinander parallel und in einem definierbaren Abstand (h) zueinander angeordnet sind, - Bereitstellen einer zweiten Schicht ($n+1$) Pulver, - Verfestigen zumindest eines Teils der zweiten Schicht ($n+1$) mit zweiten Belichtungsvektoren (V_{n+1}), die um einen Versatz ($x1, x2$) parallel bezüglich der ersten Belichtungsvektoren (V_n) angeordnet sind, 25 wobei die Belichtungsvektoren (V_n, V_{n+1}, V_{n+2}) von aufeinanderfolgenden Gruppen ($G1, G2$) um einen Winkel (α) zueinander rotiert sind.

Beschreibung

Verfahren zum schichtweisen Herstellen eines Objekts

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum schichtweisen Herstellen eines Objekts mit einem pulverbasierten 3D-Druckverfahren.

Das Verfahren kann bei pulverbasierten 3D Druckverfahren,
10 insbesondere als eine optimierte Verfahrensweise, im Rahmen eines selektiven Laserschmelz-Prozesses (Selective Laser Melting, kurz: SLM) oder eines selektiven Elektronenstrahlschmelz-Prozesses (electron-beam melting, kurz: EBM) zum Einsatz kommen.

15

Es hat sich gezeigt, dass bisher favorisierte Verfahrensweisen viele lokale Überhitzungen erzeugen können. Diese Überhitzungen können größere Metallperlen erzeugen, die den weiteren Beschichtungsvorgang mit Pulver erheblich stören. Die
20 Qualität der realisierten Bauteile wird so deutlich vermindert oder es kann sogar zum Abbruch des Bauprozesses kommen.

Es ist Aufgabe der Erfindung lokale Überhitzungen bei selektiven, pulverbasierten 3D-Druckverfahren, insbesondere
25 Schmelzverfahren zu vermeiden.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

30 Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum schichtweisen Herstellen eines Objekts mit einem pulverbasierten 3D-Druckverfahren durch selektives Verfestigen von Schichten eines Pulvers in einem Pulverbett mittels eines selektiven Laserschmelz- oder selektiven Elektronenstrahlschmelz-
35 Prozesses. Jeweils zumindest zwei aufeinanderfolgende Schichten werden dabei zu einer Gruppe zusammengefasst. Für jede der Gruppen umfasst das Verfahren die folgenden Schritte:
- Bereitstellen einer ersten Schicht des Pulvers,

- Verfestigen zumindest eines Teils der ersten Schicht mit ersten Belichtungsvektoren, die zueinander parallel und in einem definierbaren Abstand zueinander angeordnet sind,
- Bereitstellen einer zweiten Schicht Pulver,
- 5 - Verfestigen zumindest eines Teils der zweiten Schicht mit zweiten Belichtungsvektoren, die um einen Versatz parallel bezüglich der ersten Belichtungsvektoren angeordnet sind. Die Belichtungsvektoren von aufeinanderfolgenden Gruppen sind um einen Winkel zueinander rotiert.

10

In anderen Worten werden zumindest zwei aufeinanderfolgende Schichten in einer Gruppe aufgebaut, wobei innerhalb dieser Gruppe die Vektoren zwar parallel aber zueinander versetzt angeordnet sind. Ist nun die Gruppe fertiggestellt, so wird
15 die darauffolgende Gruppe um einen Winkel rotiert. Es hat sich herausgestellt, dass durch die Kombination von einzelnen Gruppen, in denen ein Versatz vorgesehen ist, und der Rotation zwischen den Gruppen, eine erhebliche Verbesserung der Neigung zu einer Überhitzung erreicht werden kann. Die mechanischen Eigenschaften des Objekts konnten ebenfalls verbessert werden.

20

In einer weiteren Ausführungsform ist der Abstand zwischen den Belichtungsvektoren so gewählt, dass durch das Verfestigen entstehende Bahnen einen Überlapp, insbesondere einen gemittelten Überlapp, von höchstens 20%, vorzugsweise von
25 höchstens 10%, insbesondere von höchstens 5% aufweisen. Der Abstand zwischen den Vektoren ist dabei mit hoher Genauigkeit am Scanner einstellbar. Der Überlapp wird jeweils bzgl. der Bahnbreite bestimmt. Der mittlere Überlapp ist dabei der Überlapp, der sich im Mittel in ein oder mehreren Schichten bei konstantem Abstand zwischen den Belichtungsvektoren einstellt. Die Bahnbreite ergibt sich aus dem verwendeten Material, der Fokus-Breite des verwendeten Energiestrahls (bspw.
30 Laserstrahls) am Einstrahlort im Pulverbett sowie entsprechender weiterer Parameter, wie der eingestrahelten Leistung. Diese Parameter sind für gängige Anlagen-Werkstoff-Paarungen bekannt. Die Bahnbreite kann weiterhin durch Versuche für das

35

verwendete Materialpulver und entsprechender Parametervariationen der jeweilig zum Einsatz kommenden Anlage ermittelt werden. Hier können beispielsweise Schliffbilder erstellt werden und daraus eine mittlere Bahnbreite und ein mittlerer
5 Abstand zwischen den verfestigten Bahnen ermittelt werden.

Es hat sich herausgestellt, dass ein verhältnismäßig geringer Überlapp, der für sich genommen zu einer zu geringen Festigkeit der verfestigten Schichten führen würde, in Verbindung
10 mit den weiteren Schichten, die einen Versatz aufweisen, zu einer hohen Festigkeit bei einer gleichzeitig vorteilhaften Verringerung der Neigung zu Überhitzung führt.

In einer weiteren Ausführungsform ist der Abstand so gewählt,
15 dass die durch das Verfestigen entstehenden Bahnen einen mittleren Überlapp von 10% bis -10%, insbesondere 5% bis -5%, aufweisen. Der Überlapp kann dabei durch Einstellen des Abstands der Belichtungsvektoren am Scanner (an der Steuerung des Energiestrahls) erreicht werden. Ein negativer Überlapp
20 entspricht dabei einem Abstand zwischen den Bahnen entsprechend eines Anteils der Bahnbreite. In anderen Worten sind die Bahnen durchschnittlich auf Stoß zueinander angeordnet. Somit ist in dieser Ausführungsform kein Überlapp, nur ein sehr geringer positiver oder negativer Überlapp vorhanden.
25 Dies kann dazu führen, dass einzelne Bahnen unter Umständen nicht vollständig miteinander verschweißt sind. Dementsprechend kommt der darauffolgenden Schichte innerhalb der Gruppe die Bedeutung zu, eine endgültige Verschweißung zu erreichen.

30 In einer weiteren Ausführungsform entspricht der Versatz höchstens 50%, insbesondere 50% einer Breite von durch das Verfestigen entstehenden Bahnen. Wenn der Versatz im Mittel 50 % entspricht, so ordnen sich die Bahnen der zweiten Schicht zwischen den Bahnen der ersten Schicht an und können
35 so eine direkte Verfestigung der Gruppe erreichen. Dies erhöht die Festigkeit der entstehenden Gruppe.

In einer weiteren Ausführungsform ist der Winkel so gewählt, dass die Ausrichtung einer der folgenden Gruppen frühestens nach der Verfestigung von zehn weiteren Gruppen wieder der ursprünglichen Gruppe entspricht. Hier gilt es zu erreichen, dass die Ausrichtung über möglichst viele Schichten nicht wieder der Ausrichtung der ersten Gruppe entspricht, da so der Effekt der verminderten Überhitzung verbessert wird. Weiterhin wird die mechanische Stabilität und insbesondere die Isotropie der mechanischen Eigenschaften des Objekts verbessert, wenn zumindest 5 Gruppen mit voneinander verschiedener Winkel-Ausrichtung gefertigt werden.

In einer weiteren Ausführungsform beträgt der Winkel mindestens 30° . So kann sichergestellt werden, dass die Gebiete, an denen der Energiestrahл bzgl. der zur fertigenden Fläche immer wieder Eintritt bzw. Austritt, sich von Gruppe zu Gruppe hinreichend unterscheiden, sodass eine Neigung zur Überhitzung an einzelnen Stellen weiter vermindert wird.

In einer weiteren Ausführungsform beträgt der Winkel höchstens 150° . Bevorzugt beträgt der Winkel höchstens 130° . Dies führt ergänzend oder alternativ zur vorigen Ausführungsform dazu, dass die Gebiete, an denen der Energiestrahл bzgl. der zur fertigenden Fläche immer wieder Eintritt bzw. Austritt, sich von Gruppe zu Gruppe hinreichend unterscheiden. Die Gebiete liegen dabei entsprechend dem Winkel weit auseinander, sodass hier keine Überhitzung auftritt.

In einer weiteren Ausführungsform ist der Winkel verschieden von 90° oder Vielfachen davon gewählt. Dies stellt sicher, dass die Ausrichtung nicht bereits nach wenigen Gruppen bzw. wenigen Schichten wieder der ursprünglichen Ausrichtung entspricht. Dies stellt eine hohe Anisotropie des entstehenden Objekts sicher und ist weiterhin vorteilhaft bzgl. eines gleichmäßigen Wärmeeintrags.

In einer weiteren Ausführungsform durchdringen die durch das Verfestigen entstehenden Bahnen zumindest die vorhergehende

Schicht. Bevorzugt durchdringen die entstehenden Bahnen insbesondere die vorhergehenden drei Schichten. In anderen Worten umfasst die Tiefe der Bahnen, also die Eindringtiefe in das darunterliegende Material bzw. die darunterliegenden

5 Schichten, neben der aktuellen Schicht auch darunterliegende Schichten. Es hat sich herausgestellt, dass die Bahnen im Regelfall mindestens zwei Schichten umfasst höchstens aber fünf Schichten, wobei die Schichtdicke im verfestigten Zustand zwischen 20-60µm und die vorhergehende unverfestigte, gerak-

10 telte Schüttdicke des Pulvers 40 bis 120µm entsprechen kann. Die Tiefe der Bahnen entspricht also einem Vielfachen einer Schichtdicke. So greifen die durch den Versatz positionierten Schichten ineinander und eine Verbesserung des Gefüges tritt ein.

15

In einer weiteren Ausführungsform umfasst zumindest eine der Gruppen zumindest eine dritte Schicht. Die zweite Schicht ist dabei um einen ersten Versatz bezüglich der ersten Schicht angeordnet und die dritte Schicht um einen zweiten Versatz

20 bezüglich der zweiten Schicht. Die Versätze können dabei den gleichen Wert aufweisen.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert. Es zeigen:

25

- FIG 1 schematisch erste Belichtungsvektoren in einem Pulverbett mit einer ersten Schicht,
- FIG 2 Bahnen von verfestigtem Material einer ersten
- 30 Schicht im Querschnitt,
- FIG 3 schematisch zweite Belichtungsvektoren in einem Pulverbett, das bereits erste und zweite Bahnen verfestigtes Material aufweist,
- FIG 4 Bahnen von verfestigtem Material in einer ersten
- 35 und einer zweiten Schicht im Querschnitt,
- FIG 5 Bahnen von verfestigtem Material in einer ersten, zweiten und dritten Schicht im Querschnitt,

FIG 6 schematisch einen Winkel zwischen zwei Schichten und

FIG 7 einen Abstand zwischen zwei Belichtungsvektoren und einen Überlapp.

5

FIG 1 zeigt schematisch erste Belichtungsvektoren V_n in einem Pulverbett 100 mit einer ersten Schicht n . Die ersten Belichtungsvektoren V_n führen dazu, dass sich bereits verfestigte Bahnen 110, 120, 130 gebildet haben. Die Belichtungsvektoren V_n sind dabei parallel zueinander angeordnet und werden durch einen Energiestrahл, z.B. einen Laser oder ein Elektronenstrahl bereitgestellt. Die Belichtungsvektoren beinhalten dabei die Geschwindigkeit, die Leistung und die Strahlbreite des Energiestrahls. Die bestehenden Bahnen 110, 120, 130 sind dabei nur stellvertretend für eine sehr große Anzahl von Schweißbahnen, die im Rahmen eines additiven Fertigungsprozesses entstehen. In der Regel wird eine Anzahl von deutlich größer drei Bahnen zur Fertigung einer Schicht eines Objekts benötigt. Der Übersichtlichkeit halber sind im Folgenden nur eine geringe Anzahl gewählt um die Beziehungen zwischen den einzelnen Bahnen 110, 120, 130 nachvollziehbar darstellen zu können.

FIG 2 zeigt die Bahnen 110, 120, 130 von verfestigtem Material der ersten Schicht n aus FIG 1 im Querschnitt. Die Bahnen 110, 120, 130 von verfestigtem Material in der ersten Schicht n dabei eine Breite w auf sowie eine Abstand h auf, auch Hatch-Abstand genannt. Der Abstand h wird ausgehend von den Belichtungsvektoren bzw. vom Mittelpunkt der durch das Belichten entstehenden verfestigten Bahnen 110, 120, 130 gemessen. Im vorliegenden Beispiel weisen die drei Bahnen 110, 120, 130 eine Abstand h auf, der so gewählt ist, dass er der Breite w der Bahnen 110, 120, 130 entspricht. D. h. die Bahnen 110, 120, 130 berühren sich am äußeren Ende. Ein Überlapp existiert im vorliegenden Beispiel in FIG 2 nicht oder nur im Umfang der Toleranz des jeweilig zum Einsatz kommenden Prozesses.

FIG 3 zeigt schematisch zweite Belichtungsvektoren V_{n+1} in einem Pulverbett 100, das bereits erste und zweite Bahnen 110, 120, 130, 210, 220 verfestigtes Material aufweist. Die ersten Bahnen 110, 120, 130 sind dabei durch Belichtung der ersten Schicht n entstanden, die zweiten Bahnen 210, 220 sind analog durch Belichtung der zweiten Schicht $n+1$ mit den zweiten Belichtungsvektoren V_{n+1} entstanden. Auch hier sind in der zweiten Schicht $n+1$ lediglich zwei Bahnen 210, 220 dargestellt, in Realität ist auch die zweite Schicht $n+1$ gemäß der zu fertigenden Geometrie des Objekts aus deutlich mehr Bahnen aufgebaut. Die Vereinfachung des vorliegenden Beispiels dient der verbesserten Darstellung des Prinzips.

Die zweiten Belichtungsvektoren V_{n+1} sind dabei parallel und um einen Versatz verschoben zu den hier nicht dargestellten ersten Belichtungsvektoren angeordnet.

FIG 4 zeigt dazu Bahnen 110, 120, 130, 210, 220 von verfestigtem Material in einer ersten und einer zweiten Schicht n , $n+1$ im Querschnitt, wobei ein Versatz x_1 eingezeichnet ist. Der Versatz x_1 wird dabei von Mittelachse zu Mittelachse der Bahnen festgelegt, im vorliegenden Fall die Mittelachse der Bahn 110 zur Mittelachse der Bahn 210 sowie der Mittelachse der Bahn 120 zur Mittelachse der Bahn 220. Die Mittelachse ist dabei auch der Ort an dem die Belichtungsvektoren V_n , V_{n+1} auftreffen. Weiterhin ist zu sehen, dass die erste Schicht n und die zweite Schicht $n+1$ in einer ersten Gruppe G_1 zusammengefasst sind. Dementsprechend sind die Bahnen 110, 120, 130, 210, 220 innerhalb der ersten Gruppe G_1 parallel zueinander angeordnet. Eine hier noch nicht gezeigte zweite Gruppe G_2 würde erfindungsgemäß eine gegenüber der ersten Gruppe geänderte Ausrichtung aufweisen. Dies führt zu einer weiteren Verbesserung der Temperaturverteilung unter Vermeidung von Überhitzungen.

35

FIG 5 zeigt Bahnen 110, 120, 130, 210, 220, 230, 310, 320, 330 von verfestigtem Material in einer ersten, zweiten und dritten Schicht n , $n+1$, $n+2$ im Querschnitt. Weiterhin einge-

zeichnet sind ein erster Versatz x_1 sowie ein zweiter Versatz x_2 , wobei der erste Versatz x_1 den Versatz der Belichtungsvektoren der ersten Schicht n zur zweiten Schicht $n+1$ darstellt und analog der zweite Versatz x_2 den Versatz der Belichtungsvektoren der zweiten Schicht $n+1$ zur dritten Schicht $n+2$ darstellt. Dementsprechend entsprechen die Versätze auch dem Versatz der tatsächlich verfestigten Bahnen 110, 120, 130, 210, 220, 230, 310, 320, 330 zueinander. Die erste, zweite und dritte Schicht n , $n+1$, $n+2$ sind dabei wiederum in eine Gruppe G_1 gruppiert und weisen dementsprechend dieselbe Ausrichtung auf.

FIG 6 zeigt schematisch einen Winkel α zwischen zwei Gruppen G_1 und G_2 . Gemäß der Erfindung ist es vorgesehen, dass aufeinanderfolgende Gruppen G_1 , G_2 zueinander rotiert sind. D.h. die Belichtungsvektoren V_n der ersten Gruppe G_1 stehen im Winkel α zu den Belichtungsvektoren V_{n+1} der zweiten Gruppe G_2 . Da die Belichtungsvektoren und die sich daraus ergebenden verfestigten Bahnen innerhalb der Gruppen zueinander parallel sind, gilt der Winkel für die Belichtungsvektoren in einer Gruppe bzgl. den Belichtungsvektoren der darauffolgenden Gruppe. Es hat sich gezeigt, dass 67 Grad ein guter Kompromiss aus seltenen Wiederholungen der Winkel und gleichmäßiger Temperaturverteilung über die Gruppen hinweg ist.

FIG 7 zeigt eine erste Bahn 110 und eine zweite Bahn 120 mit ihren Belichtungsvektoren V_{110} , V_{120} . Die Bahnen 110, 120 weisen jeweils eine Breite w sowie einen Abstand h zueinander auf. Weiterhin überlappen sich die Bahnen 110, 120, weil der Abstand h kleiner gewählt ist als die Breite w der Bahnen 110, 120. Der Bereich, in dem sich die Bahnen 110, 120 überlappen ist als Überlapp w' gekennzeichnet. Der Überlapp ist kann dabei je nach verwendetem Prozess und dessen Bahngenauigkeit etwas variieren. Der Überlapp kann dabei im Durchschnitt $\pm 0\%$ betragen, die Bahnen sind also durchschnittlich auf Stoß angeordnet.

Zusammenfassend betrifft die Erfindung ein Verfahren zum schichtweisen Herstellen eines Objekts mit einem pulverbasierten 3D-Druckverfahren durch selektives Verfestigen von Schichten ($n, n+1, n+2$) eines Pulvers in einem Pulverbett (100). Um lokalen Überhitzungen bei selektiven, pulverbasierten 3D-Druckverfahren, vorzubeugen werden jeweils zumindest zwei aufeinanderfolgende Schichten ($n, n+1, n+2$) zu einer Gruppe ($G1, G2$) zusammengefasst. Das Verfahren umfasst weiterhin für jede der Gruppen ($G1, G2$) die folgenden Schritte:

10 - Bereitstellen einer ersten Schicht (n) des Pulvers,
- Verfestigen zumindest eines Teils der ersten Schicht (n) mit ersten Belichtungsvektoren (V_n), die zueinander parallel und in einem definierbaren Abstand (h) zueinander angeordnet sind,

15 - Bereitstellen einer zweiten Schicht ($n+1$) Pulver,
- Verfestigen zumindest eines Teils der zweiten Schicht ($n+1$) mit zweiten Belichtungsvektoren (V_{n+1}), die um einen Versatz (x_1, x_2) parallel bezüglich der ersten Belichtungsvektoren (V_n) angeordnet sind,

20 wobei die Belichtungsvektoren (V_n, V_{n+1}, V_{n+2}) von aufeinanderfolgenden Gruppen ($G1, G2$) um einen Winkel (α) zueinander rotiert sind.

Bezugszeichen

	100	Pulverbett
	$n, n+1, n+2$	Schichten
	$V1, V2, V3$	Belichtungsvektoren
5	h	Abstand der Belichtungsvektoren
	$110, 120, 130$	Bahnen von verfestigtem Material in einer ersten Schicht
	$210, 220, 230$	Bahnen von verfestigtem Material in einer zweiten Schicht
10	$310, 320, 330$	Bahnen von verfestigtem Material in einer dritten Schicht
	w	Breite der Bahnen
	w'	Überlapp der Bahnen
	d	Tiefe der Bahnen
15	$G1$	erste Gruppe von Schichten
	$G2$	zweite Gruppe von Schichten
	$x1$	erster Versatz
	$x2$	zweiter Versatz
	α	Winkel zwischen den Gruppen
20		

Patentansprüche

1. Verfahren zum schichtweisen Herstellen eines Objekts mit einem pulverbasierten 3D-Druckverfahren durch selektives Verfestigen von Schichten ($n, n+1, n+2$) eines Pulvers in einem Pulverbett (100) mittels eines selektiven Laserschmelz- oder selektiven Elektronenstrahlschmelz-Prozesses, wobei jeweils zumindest zwei aufeinanderfolgende Schichten ($n, n+1, n+2$) Teil einer Gruppe ($G1, G2$) sind, umfassend die Schritte für jede der Gruppen ($G1, G2$):
- Bereitstellen einer ersten Schicht (n) des Pulvers,
 - Verfestigen zumindest eines Teils der ersten Schicht (n) mit ersten Belichtungsvektoren (V_n), die zueinander parallel und in einem definierbaren Abstand (h) zueinander angeordnet sind,
 - Bereitstellen einer zweiten Schicht ($n+1$) Pulver,
 - Verfestigen zumindest eines Teils der zweiten Schicht ($n+1$) mit zweiten Belichtungsvektoren (V_{n+1}), die um einen Versatz (x_1, x_2) parallel bezüglich der ersten Belichtungsvektoren (V_n) angeordnet sind,
- wobei die Belichtungsvektoren (V_n, V_{n+1}, V_{n+2}) von aufeinanderfolgenden Gruppen ($G1, G2$) um einen Winkel (α) zueinander rotiert sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Abstand (h) so gewählt ist, dass durch das Verfestigen entstehende Bahnen (110, ..., 330) einen mittleren Überlapp (w') von höchstens 20%, vorzugsweise von höchstens 10% aufweisen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Abstand (h) so gewählt ist, dass die durch das Verfestigen entstehenden Bahnen (P_n, P_{n+1}, P_{n+2}) einen mittleren Überlapp (w') von 10% bis -10% aufweisen.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Versatz (x_1, x_2) höchstens 50% einer Breite (w) der durch das Verfestigen entstehenden Bahnen (110, ..., 330) entspricht.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Winkel (α) so gewählt ist, dass die Ausrichtung einer der folgenden Gruppen (G1, G2) frühestens nach der Verfestigung von 10 Gruppen (G1, G2) wieder der ursprünglichen Gruppe entspricht.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Winkel (α) mindestens 30° , insbesondere mindestens 50° beträgt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Winkel (α) höchstens 150° , insbesondere höchstens 130° beträgt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Winkel (α) verschieden von 90° oder einem Vielfachen von 90° gewählt ist.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die durch das Verfestigen entstehenden Bahnen (110, ..., 330) zumindest die vorhergehende Schicht (n, n+1, n+2) durchdringt, insbesondere die vorhergehenden drei Schichten.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest eine der Gruppen (G1, G2) zumindest eine dritte Schicht (n+2) umfasst, wobei die zweite Schicht (n+1) um einen ersten Versatz (x_1) bezüglich der ersten Schicht (n) und die dritte Schicht (n+2) um einen zweiten Versatz (x_2) bezüglich der zweiten Schicht (n+1) versetzt angeordnet ist.

FIG 1

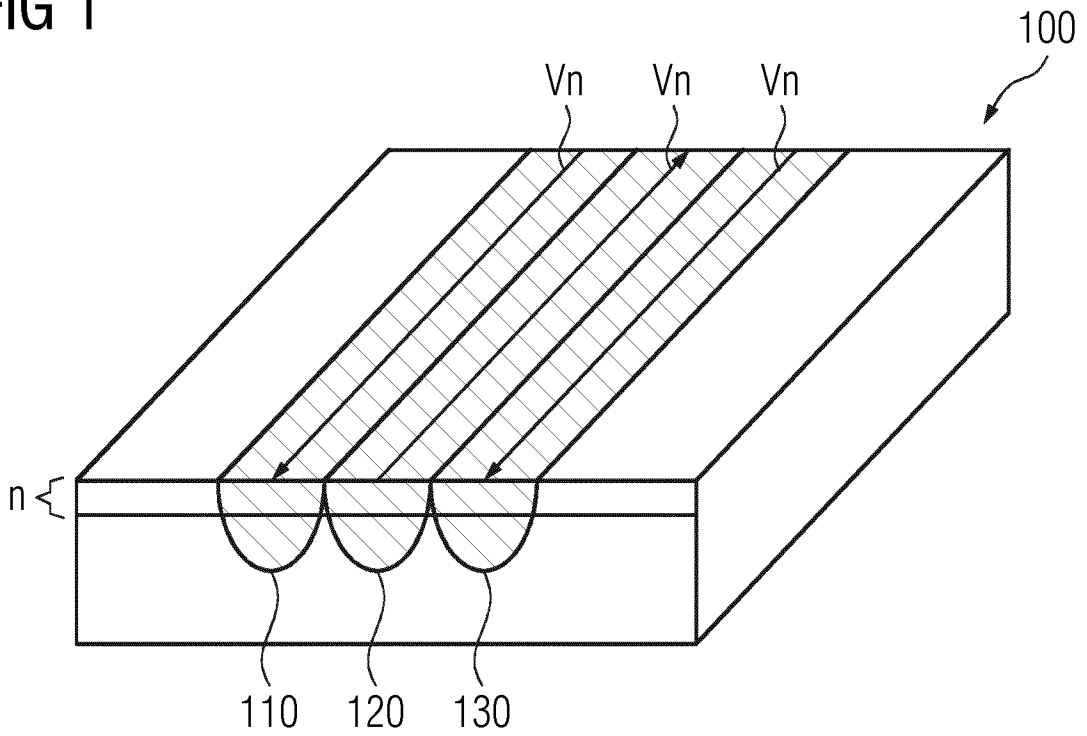


FIG 2

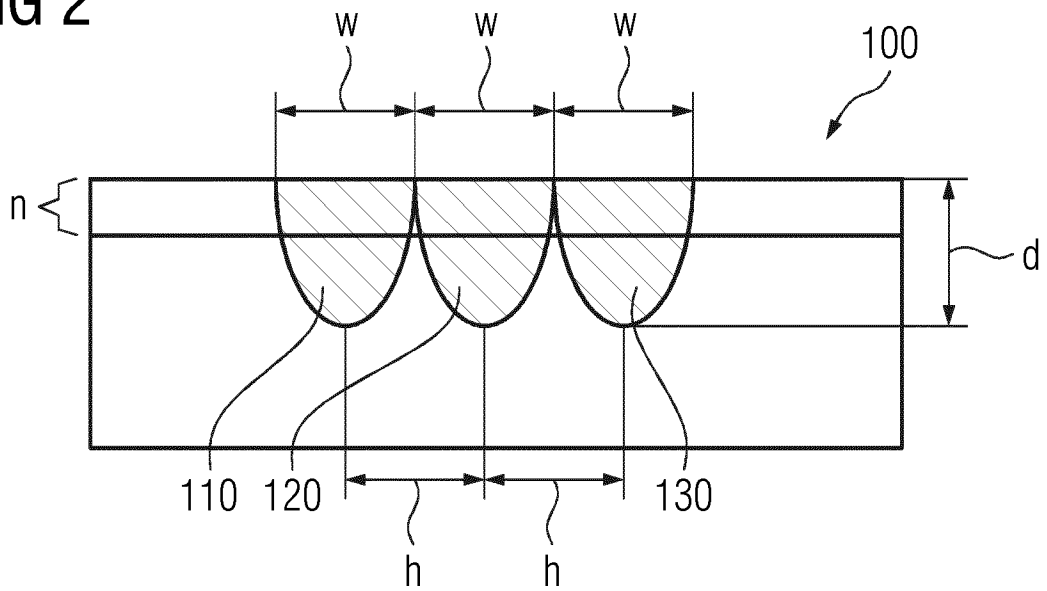


FIG 3

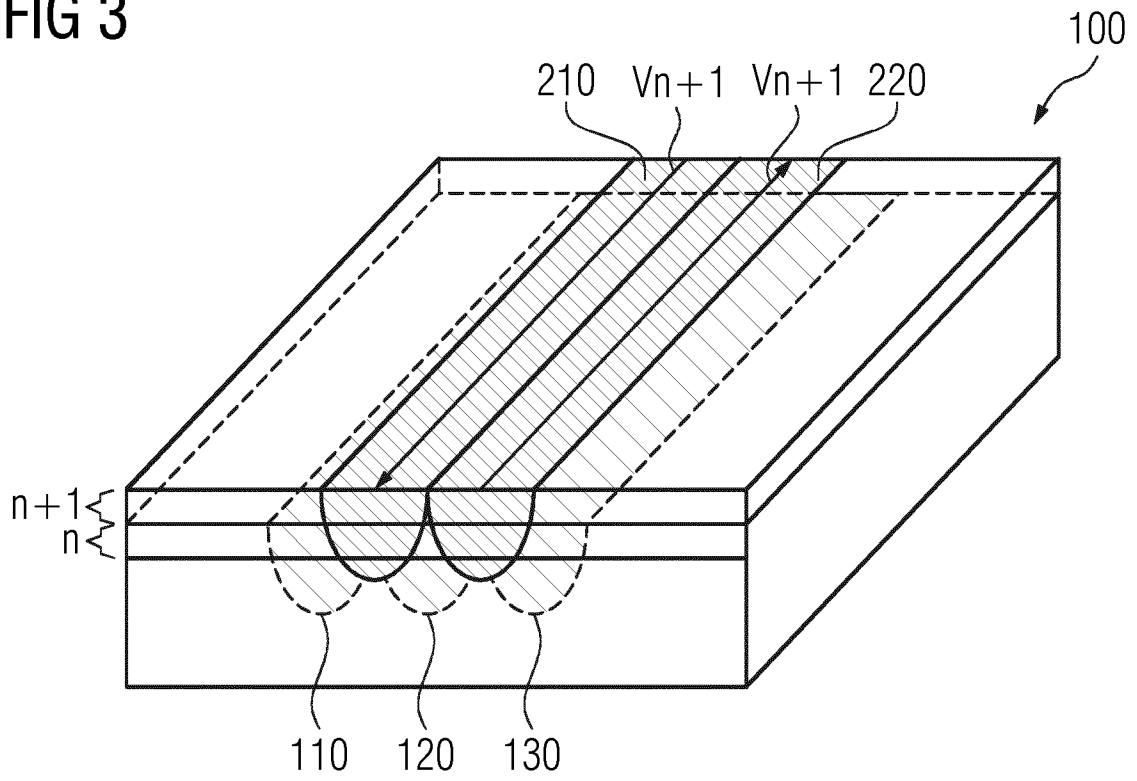


FIG 4

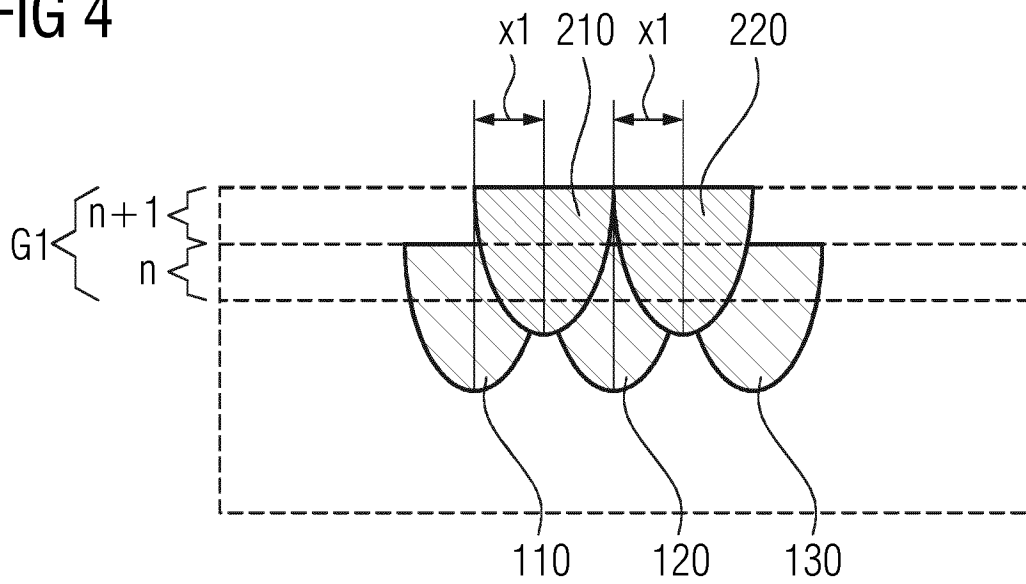


FIG 5

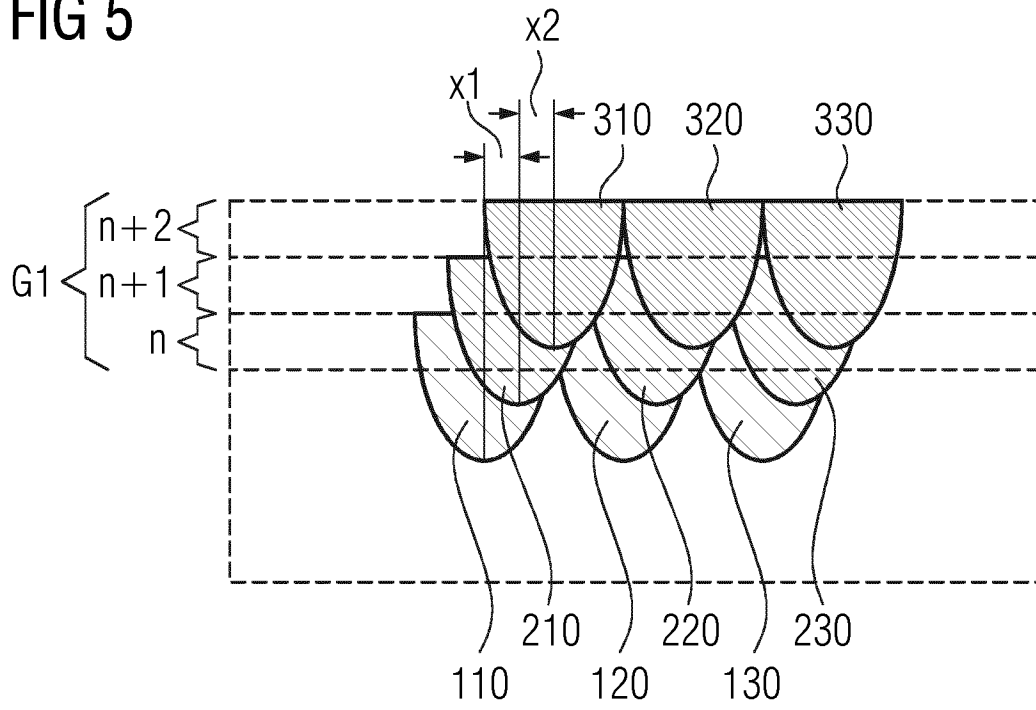


FIG 6

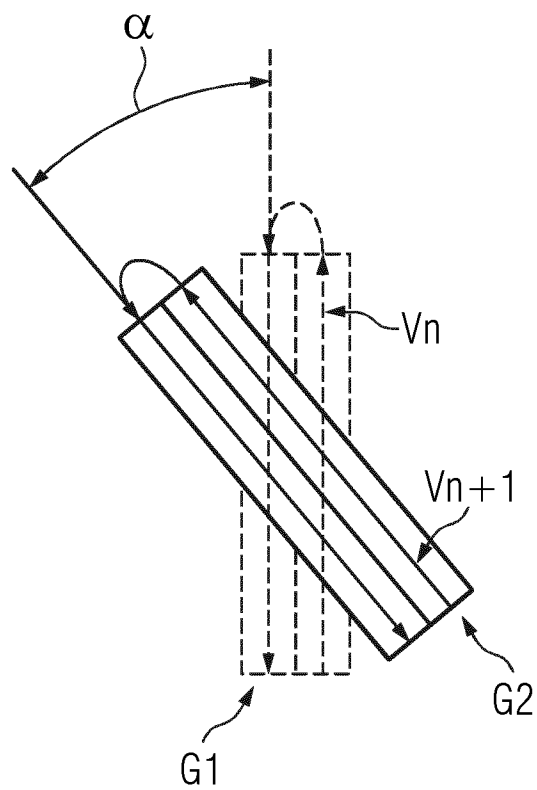
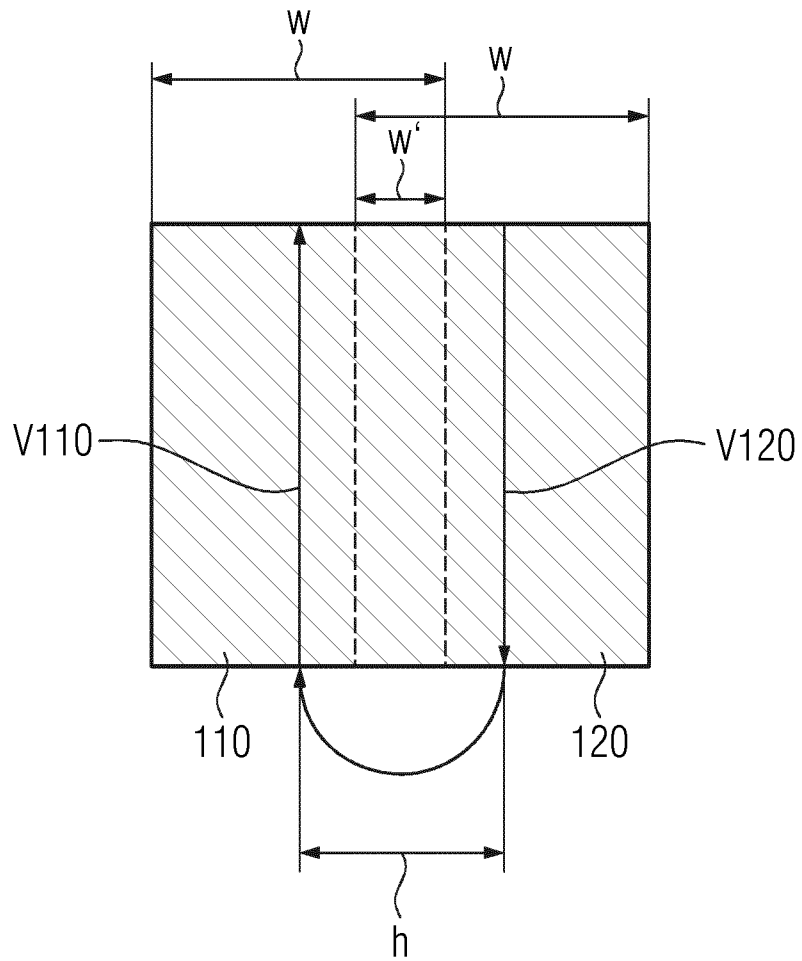


FIG 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/080750

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B22F 10/28</i> (2021.01)i; <i>B22F 10/366</i> (2021.01)i; <i>B29C 64/153</i> (2017.01)i; <i>B29C 64/393</i> (2017.01)i; <i>B33Y 10/00</i> (2015.01)i; <i>B33Y 50/02</i> (2015.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B22F; B29C; C22C; B33Y		
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		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102013205724 A1 (EOS ELECTRO OPTICAL SYST [DE]) 02 October 2014 (2014-10-02) claims 1-18 figures 1-8	1-10
A	EP 3520929 A1 (SIEMENS AG [DE]) 07 August 2019 (2019-08-07) paragraph [0013]	1-10
A	WO 2008116518 A1 (EOS ELECTRO OPTICAL SYST [DE]; DIMTER MARC [DE] ET AL.) 02 October 2008 (2008-10-02) claims 1-18	1-10
A	WO 2017174160 A1 (SIEMENS AG [DE]) 12 October 2017 (2017-10-12) page 11, lines 13-31	1-10
A	EP 3461571 A1 (SIEMENS AG [DE]) 03 April 2019 (2019-04-03) claims 1-15	1-10
A	DE 69034126 T2 (3D SYSTEMS INC [US]) 28 October 2004 (2004-10-28) paragraphs [0003], [0019], [0120]	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 10 January 2022		Date of mailing of the international search report 21 January 2022
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Reich, Claus Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/080750

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102013205724	A1	02 October 2014	CN	105431279	A	23 March 2016
				DE	102013205724	A1	02 October 2014
				EP	2978589	A1	03 February 2016
				ES	2745711	T3	03 March 2020
				PL	2978589	T3	31 December 2019
				US	2016279706	A1	29 September 2016
				US	2019299291	A1	03 October 2019
				WO	2014154878	A1	02 October 2014
				WO	2014154879	A1	02 October 2014
EP	3520929	A1	07 August 2019	CN	111712340	A	25 September 2020
				EP	3520929	A1	07 August 2019
				EP	3713697	A1	30 September 2020
				US	2021079796	A1	18 March 2021
				WO	2019154572	A1	15 August 2019
WO	2008116518	A1	02 October 2008	DE	102007014683	A1	09 October 2008
				EP	1993812	A1	26 November 2008
				US	2008241392	A1	02 October 2008
				WO	2008116518	A1	02 October 2008
WO	2017174160	A1	12 October 2017	CA	3019409	A1	12 October 2017
				CN	109074410	A	21 December 2018
				EP	3417386	A1	26 December 2018
				KR	20180126076	A	26 November 2018
				RU	2694147	C1	09 July 2019
				US	2020398379	A1	24 December 2020
				WO	2017174160	A1	12 October 2017
				EP	3461571	A1	03 April 2019
EP	3461571	A1	03 April 2019				
EP	3658315	A1	03 June 2020				
US	2020353679	A1	12 November 2020				
WO	2019068455	A1	11 April 2019				
DE	69034126	T2	28 October 2004	AT	135952	T	15 April 1996
				AT	213457	T	15 March 2002
				CA	2072136	A1	01 May 1991
				DE	429196	T1	04 January 1996
				DE	69026201	T2	07 November 1996
				DE	69033917	T2	26 September 2002
				DE	69034126	T2	28 October 2004
				EP	0429196	A2	29 May 1991
				HK	1001556	A1	26 June 1998
				IL	96166	A	21 February 1993
				JP	3378862	B2	17 February 2003
				JP	H05501229	A	11 March 1993
				JP	2002086575	A	26 March 2002
				SG	47634	A1	17 April 1998
				WO	9106378	A1	16 May 1991

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B22F10/28	B22F10/366
	B29C64/153	B29C64/393
	B33Y10/00	B33Y50/02
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
B22F B29C C22C B33Y		
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2013 205724 A1 (EOS ELECTRO OPTICAL SYST [DE]) 2. Oktober 2014 (2014-10-02) Ansprüche 1-18 Abbildungen 1-8	1-10

A	EP 3 520 929 A1 (SIEMENS AG [DE]) 7. August 2019 (2019-08-07) Absatz [0013]	1-10

A	WO 2008/116518 A1 (EOS ELECTRO OPTICAL SYST [DE]; DIMTER MARC [DE] ET AL.) 2. Oktober 2008 (2008-10-02) Ansprüche 1-18	1-10

A	WO 2017/174160 A1 (SIEMENS AG [DE]) 12. Oktober 2017 (2017-10-12) Seite 11, Zeilen 13-31	1-10

	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/>	Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p>		<p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
10. Januar 2022		21/01/2022
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 Reich, Claus

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 3 461 571 A1 (SIEMENS AG [DE]) 3. April 2019 (2019-04-03) Ansprüche 1-15 -----	1-10
A	DE 690 34 126 T2 (3D SYSTEMS INC [US]) 28. Oktober 2004 (2004-10-28) Absätze [0003], [0019], [0120] -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/080750

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102013205724 A1	02-10-2014	CN 105431279 A	23-03-2016
		DE 102013205724 A1	02-10-2014
		EP 2978589 A1	03-02-2016
		ES 2745711 T3	03-03-2020
		PL 2978589 T3	31-12-2019
		US 2016279706 A1	29-09-2016
		US 2019299291 A1	03-10-2019
		WO 2014154878 A1	02-10-2014
		WO 2014154879 A1	02-10-2014
EP 3520929 A1	07-08-2019	CN 111712340 A	25-09-2020
		EP 3520929 A1	07-08-2019
		EP 3713697 A1	30-09-2020
		US 2021079796 A1	18-03-2021
		WO 2019154572 A1	15-08-2019
WO 2008116518 A1	02-10-2008	DE 102007014683 A1	09-10-2008
		EP 1993812 A1	26-11-2008
		US 2008241392 A1	02-10-2008
		WO 2008116518 A1	02-10-2008
WO 2017174160 A1	12-10-2017	CA 3019409 A1	12-10-2017
		CN 109074410 A	21-12-2018
		EP 3417386 A1	26-12-2018
		KR 20180126076 A	26-11-2018
		RU 2694147 C1	09-07-2019
		US 2020398379 A1	24-12-2020
		WO 2017174160 A1	12-10-2017
EP 3461571 A1	03-04-2019	CN 111163883 A	15-05-2020
		EP 3461571 A1	03-04-2019
		EP 3658315 A1	03-06-2020
		US 2020353679 A1	12-11-2020
		WO 2019068455 A1	11-04-2019
DE 69034126 T2	28-10-2004	AT 135952 T	15-04-1996
		AT 213457 T	15-03-2002
		CA 2072136 A1	01-05-1991
		DE 429196 T1	04-01-1996
		DE 69026201 T2	07-11-1996
		DE 69033917 T2	26-09-2002
		DE 69034126 T2	28-10-2004
		EP 0429196 A2	29-05-1991
		HK 1001556 A1	26-06-1998
		IL 96166 A	21-02-1993
		JP 3378862 B2	17-02-2003
		JP H05501229 A	11-03-1993
		JP 2002086575 A	26-03-2002
		SG 47634 A1	17-04-1998
		WO 9106378 A1	16-05-1991