

(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
20. August 2009 (20.08.2009)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/100712 A2

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

Menden (DE). **BRICK, Uwe** [DE/DE]; Heimstättenstrasse 24, 07749 Jena (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2009/000187

(74) **Anwalt: KÖCHLING, Conrad**; Fleyer Strasse 135, 58097 Hagen (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Februar 2009 (12.02.2009)

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 009 003.4
13. Februar 2008 (13.02.2008) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **DREVE PRODIMED GMBH** [DE/DE]; Max-Planck-Strasse 31, 59423 Unna (DE).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **KLARE, Martin** [DE/DE]; Am Roggenfeld 1, 44227 Dortmund (DE). **GISCHER, Frank** [DE/DE]; Von-Ranke-Strasse 14, 58708

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** DEVICE AND METHOD FOR THE GENERATIVE PRODUCTION OF THREE-DIMENSIONAL OBJECTS ON THE BASIS OF A MULTIPHASE SYSTEM

(54) **Bezeichnung:** VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR GENERATIVEN HERSTELLUNG VON 3 DIMENSIONALEN OBJEKTEN AUF DER BASIS EINES MULTIPHASENSYSTEMS

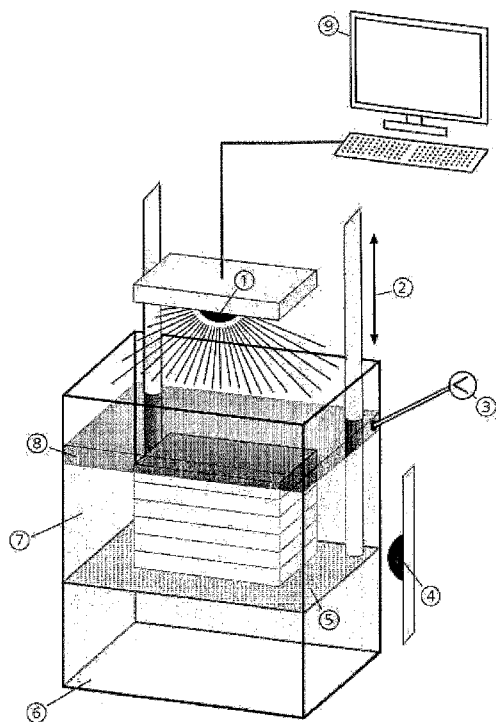


Abb. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a device and to a method for the production of a three-dimensional object by the consecutive layered bonding of a material that can be bonded by means of electromagnetic radiation, wherein in the so-called vat an at least n-phase system, where $n > 2$, is present, of which at least one phase comprises the building material and at least one other a phase that cannot be mixed with the building material.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes durch aufeinander folgendes schichtweises Verfestigen eines mittels elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren Materials, bei dem sich im so genannten Vat ein mindestens n-Phasensystem mit $n > 2$ befindet, von denen mindestens eine Phase das Baumaterial und mindestens eine andere mit dem Baumaterial nicht mischbare Phase enthält.

WO 2009/100712 A2

LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). **Veröffentlicht:** — *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Vorrichtung und Verfahren zur generativen
Herstellung von 3 dimensionalen Objekten auf
der Basis eines Multiphasensystems

5

Es wird eine Vorrichtung und ein Verfahren zur
Herstellung eines dreidimensionalen Objektes
durch aufeinander folgendes schichtweises
10 Verfestigen eines mittels elektromagnetischer
Strahlung verfestigbaren Materials beschrieben,
bei dem sich im so genannten Vat ein mindestens
n-Phasensystem mit $n \geq 2$ befindet, von denen
mindestens eine Phase das Baumaterial und
15 mindestens eine andere mit dem Baumaterial
nicht mischbare Phase enthält. Dabei wird im
Sinne der Erfindung unter „nicht mischbar“
verstanden, dass eine definierte Phasengrenze
zwischen mindestens 2 der o.g. Phasen
20 ausgebildet wird. Geeigneterweise kann die
Schichtdicke mindestens einer der Phasen
mittels einer Pumpe variiert bzw. bei Verbrauch
der Phase, die das Baumaterial enthält,
gesteuert werden.

25

Für den schichtweisen Aufbau dreidimensionaler
Objekte aus „strahlungshärtenden“ Photopolymeren
werden in der Literatur unterschiedlichste
Verfahren beschrieben, siehe hierzu „Generative
30 Fertigungsverfahren“ von A. Gebhardt 3. Aufl.
2007 (ISBN 978-3-446-22666-1). Durch stetige
Weiterentwicklungen der Verfahren und

Materialien werden generative
Fertigungsverfahren heutzutage nicht mehr nur
zur schnellen Herstellung von Prototypen (Rapid
Prototyping) sondern zunehmend im Bereich Rapid
5 Manufacturing eingesetzt (Klare, Martin;
Altmann, Reiner: *Rapid Manufacturing in der
Hörgeräteindustrie* in: RTEjournal - Forum für
Rapid Technologie, 2. Ausgabe, 2(2005), Mai
2005, ISSN 1614-0923, URN urn:nbn:de:0009-2-
10 1049,
URL:<http://www.rtejournal.de/aktuell/archiv/ausgabe2/104/>).

Neben ihrer Robustheit gelten hier auch
15 besondere Anforderungen an die
Wirtschaftlichkeit der verwendeten Verfahren.
Diese ist u.a. eng mit den Kosten für die
Baumaterialien und den notwendigen
Nachbearbeitungsprozessen verbunden. Die
20 vorliegende Erfindung stellt dabei eine
Vorrichtung und ein Verfahren zur Verfügung,
das im Vergleich der zum Stande der Technik
bekannten Schichtbauverfahren insbesondere im
Hinblick auf die wirtschaftliche Herstellung
25 von 3 dimensionalen Objekten wesentliche
Vorteile besitzt. Für die generative
Herstellung von 3 dimensionalen Objekten aus
„strahlungshärtenden“ „Photopolymeren“ kommen
heutzutage im wesentlichen Verfahren auf Basis
30 einer Belichtung durch einen Laser
(Stereolithographie, im folgenden als SLA
bezeichnet), durch einen Multimedia Projektor,

ein LC-Display (reflexiv, transmissiv), LED-,
bzw. Laser-Dioden-Zeile (die orthogonal zur
Zeile über die Schicht bewegt wird) oder durch
Lichtventil-Technik (MEMS) zum Einsatz.

5

Diese Verfahren werden in einer Reihe von
Patenten beschrieben wie:

US 4,575,330 von C. Hull „Apparatus for
production of three-dimensional objects by
10 stereolithography“ und US 4,999,143 von C. Hull
et. al „Methods and apparatus for production of
three-dimensional objects by
stereolithography“, in US005247180 A
„Stereolithographic apparatus and method of
15 use“ von Texas Instruments Inc., in
US 005980813 A „Rapid Prototyping using
multiple materials“ von SRI International und
in DE G 9319405.6 „Vorrichtung zur Herstellung
eines dreidimensionalen Objektes nach dem
20 Prinzip der Photoverfestigung“ vom
Forschungszentrum Informatik an der Universität
Karlsruhe. Nach einem ähnlichen Verfahren wird
in DE 29911122 U1 „Vorrichtung zum Herstellen
eines 3-dimensionalen Objektes“ der Fa.
25 Deltamed eine Anwendung zur Herstellung
dreidimensionaler Bauteile beansprucht. Ferner
sind EP 1250995A „Vorrichtung zum Herstellen
eines dreidimensionalen Objektes“ der Fa.
Envision Technologies, „Rapid-Prototyping-
30 Vorrichtung und Rapid-Prototyping-Methode“
DE69909136T der Fa. DICON AS Lystrup,
WO 01/00390 A von HAP, Sitec

Industrietechnologie und Deltamed
Medizinprodukte, sowie WO 2005/110722 A der Fa.
Envisiontec von Relevanz. Die technischen
Unterschiede der o.g. Verfahren lassen sich im
5 Wesentlichen durch die Art der Belichtung
charakterisieren. Bei den Systemen, die einen
Laser zur Polymerisation verwenden, wird der
Laserstrahl über die entsprechend auszuhärtende
Querschnittsfläche gefahren. Die Konturen der
10 auszuhärtenden Querschnittsfläche können vom
Laserstrahl als Kurve gescannt werden. Dies
gilt exemplarisch für die
Stereolithographieanlage Viper Pro[®] der Fa. 3d
Systems. Bei diesen Systemen befindet sich das
15 Baumaterial in Form einer niedrigviskosen
Harzformulierung in einem so genannten Vat.
Diese Vats können in kommerziell erhältlichen
Varianten Volumina bis zu 1,2 m³ besitzen. Die
zum ersten Auffüllen eines Vats benötigte
20 Harzmenge, auch als initial fill bezeichnet,
stellt bei der Anschaffung eines solchen
Systems einen wesentlichen Kostenfaktor dar und
dementsprechend kann dieses Verbrauchsmaterial
bis zu 75% der Maschinenkosten betragen. Da die
25 Harzmenge des initial fill unabhängig von denen
für die Bauteile benötigten Harzmengen ist,
stellt der initial fill so genanntes „totes
Kapital“ dar. Unter wirtschaftlichen
Gesichtspunkten ist dies als hemmend zu
30 betrachten und stellt gerade im Hinblick auf
Rapid Manufacturing Prozesse einen Nachteil
dar. Darüber hinaus können solche

Harzmischungen durch z.B. Streustrahlung der eingesetzten Laser, durch mechanische und thermische Belastungen, durch Verunreinigungen aus der Produktionsumgebung und durch z.B.

5 nicht vollständig ausgehärtetes Material an der Oberfläche der zu entnehmenden Bauteile über einen längeren Zeitraum ihre chemisch physikalischen Werte verändern. In einigen Fällen findet ein so bezeichnetes „Umkippen“

10 des Vats, d.h. Prepolymerisation des Baumaterials, statt. Aus den o.g. Gründen wird so jedoch die Robustheit des Verfahrens entscheidend eingeschränkt und entweder Bauteile nicht oder mit nicht gewünschten

15 chemisch physikalischen Eigenschaften erhalten. Bei Rapid Manufacturing Prozessen auf Basis der Sterelithographie wird deshalb heutzutage der „initial fill“ turnusmäßig gewechselt, um ein „Umkippen“ des Harzes und die damit

20 einhergehenden Verzögerungen im Bauprozess und den erhöhten Kostenaufwand zu vermeiden. Dies ist unter Gesichtspunkten der Robustheit des Produktionsprozesses und der Wirtschaftlichkeit solcher Verfahren nicht wünschenswert.

25

Im Gegensatz zu den Systemen auf Basis von Lasern werden bei Systemen basierend auf Maskenprojektion, wie z.B. der Perfactory®-Serie der Fa. Envisiontec oder die V-Flash der

30 Fa. 3d Systems, immer ganze Schichten auf einmal belichtet. Dabei wird beispielsweise bei der Perfactory eine Bauplattform von oben in

das Vat getaucht, ein definierter Abstand zwischen Bauplattform und Boden eingestellt und anschließend durch den Boden des Vats belichtet. Zwischen Bauteil und Vatboden treten

5 dabei hohe Adhäsionskräfte auf, die zu einem Abreißen des Bauteils von der Plattform bzw. der unterstützenden Struktur führen können. Deshalb wird nach dem Belichten daraufhin der Vat mittels einer Kippbewegung von der gebauten

10 Schicht gelöst. Beim V-Flash-Verfahren wird das Material mit der so genannten FTI-Technologie über einen Film unter die Bauplattform gefahren. Auch hier wird nach der Belichtung eine Kippbewegung der Bauplattform vollzogen.

15 Bei beiden Verfahren ist diese Kippbewegung notwendig, um die Abzugskräfte zwischen Bauteil und Vatboden bzw. Film zu minimieren. Trotz dieser Vorgehensweise ist es notwendig, durch eine massive unterstützende Struktur, so

20 genannte Supports, ein Lösen der gebildeten Schicht von der Bauplattform zu vermeiden. Diese Supportkonstruktionen müssen aus o.g. Grund im Vergleich zur Stereolithographie stärker mit dem Bauteil verbunden sein.

25 Entsprechend lässt sich die Supportstruktur schlechter nach Beendigung des Baujobs vom Bauteil lösen. Dementsprechend ist ein größerer Nachbearbeitungsaufwand notwendig. Dies ist jedoch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten

30 nicht wünschenswert.

Darüber hinaus müssen die mittels der o.g. generativen Fertigungsverfahren erzeugten 3-dimensionalen Objekte nach dem Bauprozess und dem Entfernen der Supportstruktur mit einem Lösungsmittel gereinigt und anschließend in einer separaten Nachbelichtungsquelle endausgehärtet werden. Im Sinne eines kostengünstigen Gesamtprozesses ist es deshalb ferner wünschenswert, gegebenenfalls auf diese Schritte verzichten, bzw. diese in das Maschinenkonzept integrieren zu können. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung von 3-dimensionalen Objekten durch aufeinanderfolgendes schichtweises Verfestigen eines mittels elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren Materials bereitzustellen, bei dem die o.g. Nachteile der dem Stande der Technik entsprechenden Verfahren im Hinblick auf Robustheit und Wirtschaftlichkeit minimiert bzw. nicht vorhanden sind. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass sich im Vat ein mindestens n -Phasensystem mit $n \geq 2$ befindet, von denen mindestens eine Phase das Baumaterial und mindestens eine andere mit dem Baumaterial nicht mischbare Phase enthält. Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Bild 1 bzw. 2 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen der Vorrichtung und des Verfahrens gemäß der Erfindung sind in den Unteransprüchen festgelegt.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das Verfahren erlauben es, die benötigte Menge an Baumaterial in der generativen Fertigungsanlage auf ein Minimum zu reduzieren. Ferner ist es

5 während des Bauprozesses nicht notwendig, eine belichtete Schicht von einem Substrat wie beispielsweise einem Vatboden oder einer Folie zu trennen. Somit können die o.g. Adhäsionskräfte vermieden werden.

10 Dementsprechend führt die beanspruchte Vorrichtung und das beanspruchte Verfahren zu einem robusteren, mit weniger Nacharbeitung verbundenem und somit letztendlich wirtschaftlicheren generativen

15 Fertigungsprozess, der insbesondere im Bereich des Rapid Prototyping vorzugsweise eingesetzt werden kann.

Eine erfindungsgemäße Ausführungsform ist in

20 Abb.1 für ein 2-Phasenssystem dargestellt. Die Vorrichtung besteht (1) aus einer Bestrahlungsquelle, die z.B. ein Laser oder ein Bildprojektionssystem sein kann. Andere Energieeintragsquellen sind im Sinne der

25 Erfindung ausdrücklich nicht ausgenommen. Die Bauplattform (5) befindet sich an einer verfahrbaren Aufnahme (2) und kann so während des Bauprozesses gesteuert (9) schichtweise im Vat (6) verfahren werden. Die Phase mit dem

30 Baumaterial (8) kann mit Hilfe einer Pumpe (3) dosiert werden. Dabei kann entweder vor und während des Bauprozesses Baumaterial im

Überschuss, das heißt eine Baumaterialmenge, die größer der Baumaterialmenge für eine Schicht ist, oder immer nur die für eine Schicht benötigte Menge zugegeben werden. In
5 einer bevorzugten Ausführungsform kann das Baumaterial nach dem Bau abgepumpt werden, so dass sich das generierte Objekt in der Hilfsphase (7) befindet. In einer ganz bevorzugten Ausführungsform kann dann über eine
10 entsprechende Bestrahlungsquelle (4) das Objekt endausgehärtet werden. Dies ist im Vergleich zum Stande der Technik als sehr vorteilhaft zu bewerten, da durch das Absenken des Bauteils in eine mit dem Baumaterial nicht mischbare Phase
15 das überschüssige Baumaterial aus dem Bauteil bzw. der Hilfsphase in die Baumaterialphase transportiert wird. Entsprechend kann so beim Rapid Manufacturing auf einen Reinigungsschritt der Bauteile verzichtet werden. Darüber hinaus
20 wird das generierte Bauteil in einer Phase ohne Sauerstoffzutritt ausgehärtet. Somit kann inhibierungsfrei ausgehärtet werden. Dies ist insbesondere bei der Herstellung von
25 Medizinprodukten, deren Aushärtung in den meisten Fällen auf einer radikalischen Polymerisation beruht, vorteilhaft.

Eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform ist in Abb.2 für ein 2-Phasenssystem
30 dargestellt, bei dem die Baumaterialphase (7) mit einer Pumpe (8) und die Hilfsphase (6) mit einer Pumpe (5) in das Vat (4) dosiert werden

können. Die Vorrichtung besteht weiterhin (1) aus einer Bestrahlungsquelle, die z.B. ein Laser oder ein Bildprojektionssystem sein kann. Andere Energieeintragsquellen sind im Sinne der Erfindung ausdrücklich nicht ausgenommen.

Die Bauplattform ist hierbei fixiert. Während des Bauprozesses wird der Flüssigkeitsspiegel durch Dosierung mittels der Pumpen gesteuert (9). Durch bspw. das Zufügen des Volumens einer Schicht an Hilfsmittelphase (2) wird so eine um eine Schicht erhöhte Projektionsebene an Baumaterial geschaffen. Durch Berechnung der Belichtungsparameter hinsichtlich Gain und Fokus kann dann die nächste Schicht mittels der Bestrahlungsquelle (1) polymerisiert werden. Dabei kann entweder vor und während des Bauprozesses Baumaterial im Überschuss, das heißt eine Baumaterialmenge, die größer der Baumaterialmenge für eine Schicht ist, oder immer nur die für eine Schicht benötigte Menge zugegeben werden. In einer bevorzugten Ausführungsform kann das Baumaterial nach dem Bau abgepumpt werden, so dass sich das generierte Objekt in der Hilfsphase (6) befindet. In einer ganz bevorzugten Ausführungsform kann dann über eine entsprechende Bestrahlungsquelle (3) das Objekt endausgehärtet werden. Dies ist im Vergleich zum Stande der Technik als sehr vorteilhaft zu bewerten, da durch das Absenken des Bauteils in eine mit dem Baumaterial nicht mischbare Phase

das überschüssige Baumaterial aus dem Bauteil bzw. der Hilfsphase in die Baumaterialphase transportiert wird. Entsprechend kann so beim Rapid Manufacturing auf einen Reinigungsschritt der Bauteile verzichtet werden. Darüber hinaus wird das generierte Bauteil in einer Phase ohne Sauerstoffzutritt ausgehärtet. Somit kann inhibierungsfrei ausgehärtet werden. Dies ist insbesondere bei der Herstellung von Medizinprodukten, deren Aushärtung in den meisten Fällen auf einer radikalischen Polymerisation beruht, vorteilhaft.

Im Sinne der Erfindung ist ferner für die Ausführungsformen nicht ausgeschlossen, dass ein aktives oder passives Beschichtungssystem, wie es dem Fachmann bekannt ist, zum Einsatz kommt.

Unter dem Begriff nicht mischbar wird im Sinne der Erfindung eine praxisbezogene Interpretation verstanden. D. h. zwischen mindestens 2 Phasen existiert ein Bereich von Mischungsverhältnissen, der zur Ausbildung einer Schichtung von zwei flüssigen Phasen führt.

Ein solches Beispiel für ein 2- Phasensystem ist in Tab. 1 wiedergegeben.

Tab. 1 Beispiel 1

Komponenten Baumaterialphase	Komponenten Hilfsmittelphase
88,8% m/m (Octahydro-4,7-methano-1H-indenediyl)bis(methylene)diacrylate	86 % 1,2,3-Propanetriol
10 % m/m TEGDMA, 2,2'-Ethylenedioxydiethyl dimethacrylate	14 % H ₂ O
1 % m/m Campherchinon	
0,2 % m/m Campherchinon	

5 Andere Systeme mit $n \geq 2$ Phasen sind erfindungsgemäß ausdrücklich nicht ausgeschlossen.

10 Insbesondere kann auch vorgesehen sein, dass die flüssigen Phasen unterschiedliche Dichte haben, so dass die Phasen aufgrund des Dichteunterschiedes übereinander geschichtet werden können.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung und Verfahren zur
Herstellung eines dreidimensionalen Objektes
5 durch aufeinander folgendes schichtweises
Verfestigen eines mittels elektromagnetischer
Strahlung verfestigbaren Materials, bei dem
sich im so genannten Vat ein mindestens n-
Phasensystem mit $n \geq 2$ befindet, von denen
10 mindestens eine Phase das Baumaterial und
mindestens eine andere mit dem Baumaterial
nicht mischbare Phase enthält.

2. Vorrichtung und Verfahren zur
15 Herstellung eines dreidimensionalen Objektes
durch aufeinander folgendes schichtweises
Verfestigen eines mittels elektromagnetischer
Strahlung verfestigbaren Materials, bei dem
sich im so genannten Vat ein mindestens n-
20 Phasensystem mit $n \geq 2$ befindet, von denen
mindestens eine Phase das Baumaterial und
mindestens eine andere mit dem Baumaterial
nicht mischbare Phase enthält und die
Schichtdicke mindestens einer der Phasen
25 mittels einer Pumpe variiert bzw. bei Verbrauch
der Phase, die das Baumaterial enthält,
gesteuert werden.

3. Vorrichtung und Verfahren zur
30 Herstellung eines dreidimensionalen Objektes
durch aufeinander folgendes schichtweises
Verfestigen eines mittels elektromagnetischer

Strahlung verfestigbaren Materials, bei dem sich im so genannten Vat ein mindestens n-Phasensystem mit $n \geq 2$ befindet, von denen mindestens eine Phase das Baumaterial und
5 mindestens eine andere mit dem Baumaterial nicht mischbare Phase enthält und die Schichtdicke mindestens einer der Phasen mittels einer Pumpe variiert bzw. bei Verbrauch der Phase, die das Baumaterial enthält,
10 gesteuert werden kann und ferner ein aktives oder passives System zur Beschichtung eingesetzt wird.

4. Vorrichtung und Verfahren zur
15 Herstellung eines dreidimensionalen Objektes durch aufeinander folgendes schichtweises Verfestigen eines mittels elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren Materials, bei dem sich im so genannten Vat ein mindestens n-
20 Phasensystem mit $n \geq 2$ befindet, von denen mindestens eine Phase das Baumaterial und mindestens eine andere mit dem Baumaterial nicht mischbare Phase enthält und die Schichtdicke mindestens einer der Phasen
25 mittels einer Pumpe variiert bzw. bei Verbrauch der Phase, die das Baumaterial enthält, gesteuert werden kann und ferner ein aktives oder passives System zur Beschichtung eingesetzt wird. Wobei die Hilfsmittelphase für
30 elektromagnetische Strahlung im Spektralbereich des Absorptionsspektrums des Photoinitiators transparent ist und eine für die Endaushärtung

1/2

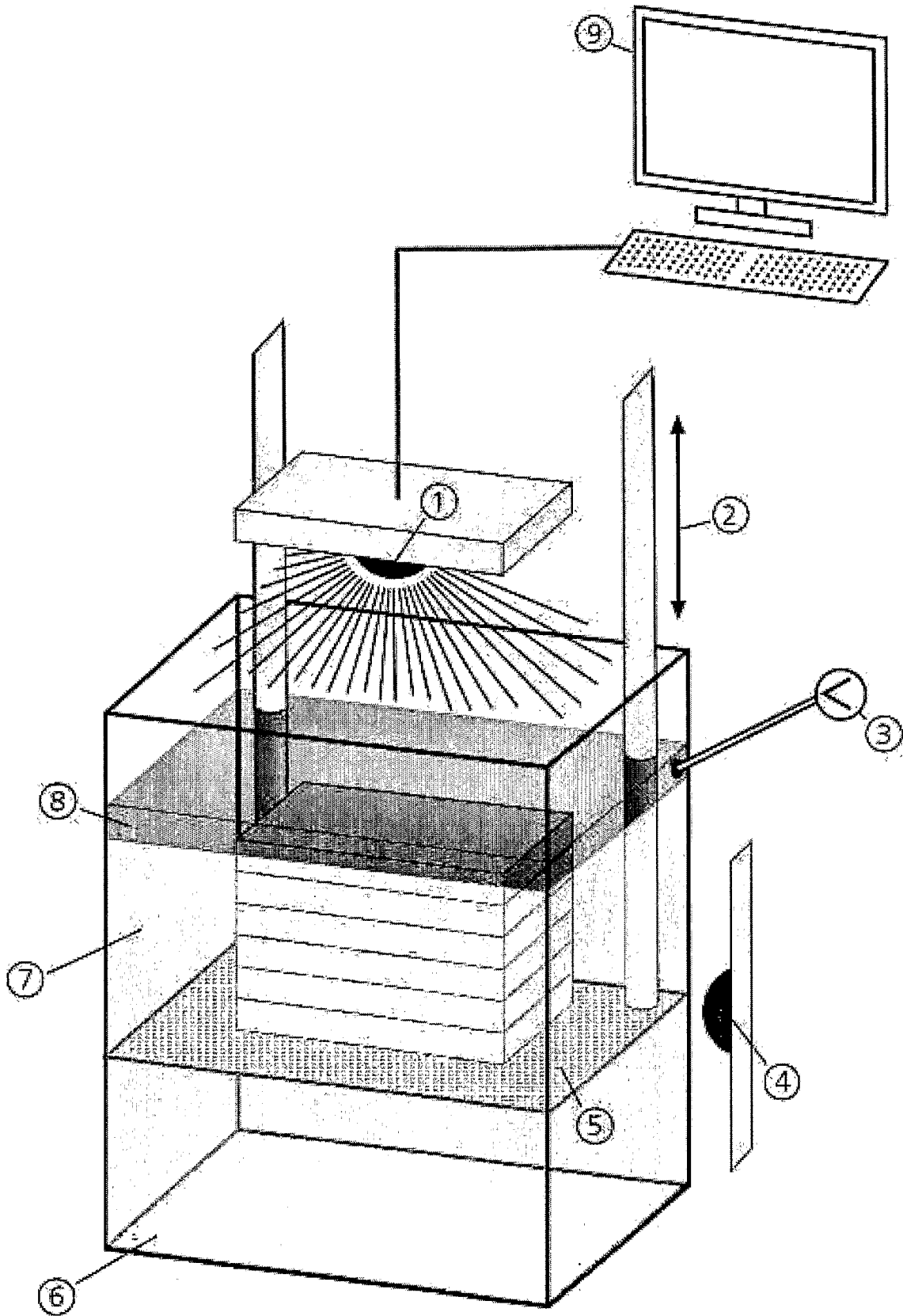


Abb. 1

2/2

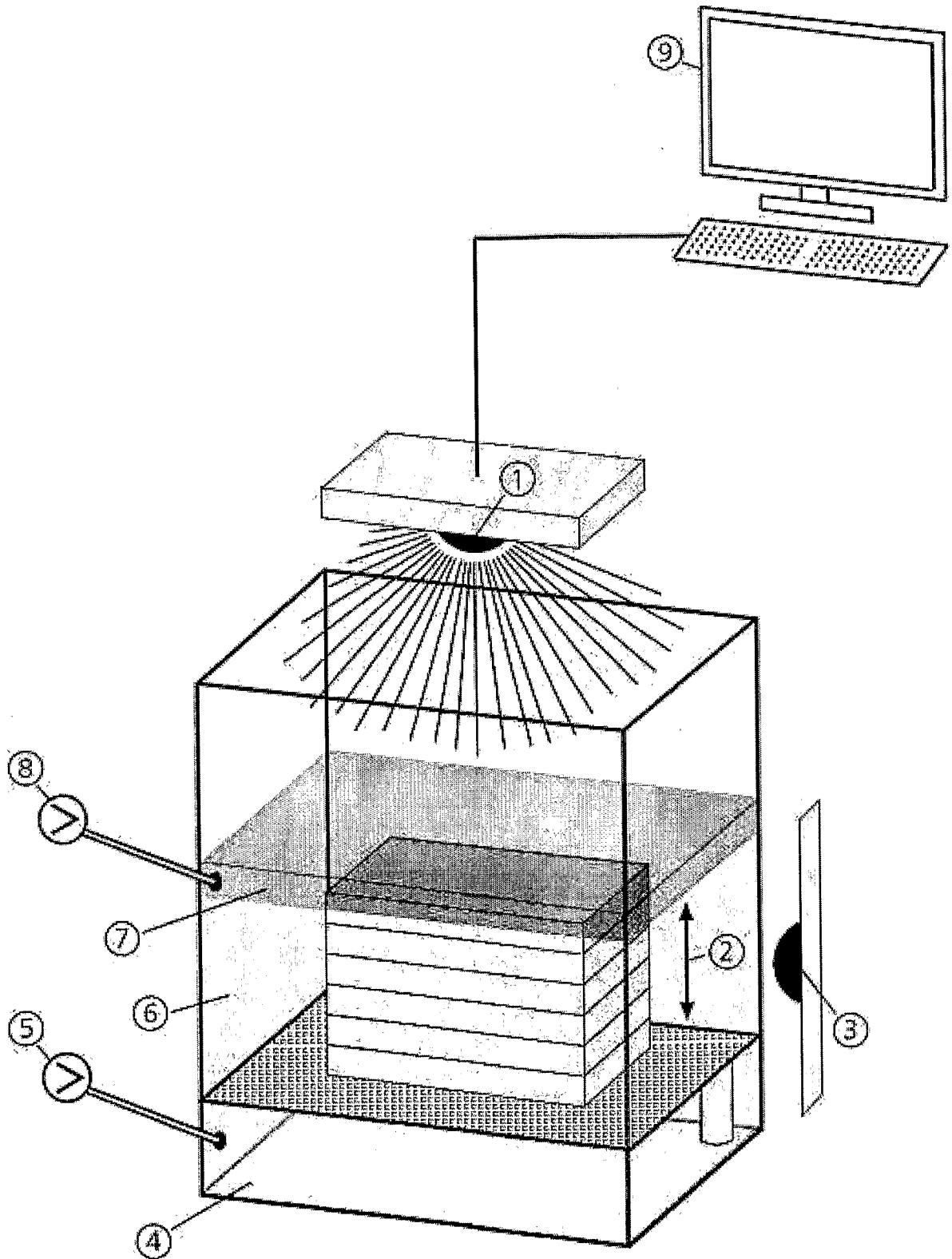


Abb. 2