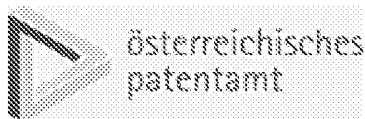


(19)



(10)

AT 514493 B1 2015-04-15

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50391/2013
 (22) Anmeldetag: 17.06.2013
 (45) Veröffentlicht am: 15.04.2015

(51) Int. Cl.: **B29C 67/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 US 2013001834 A1
 DE 102012011610 A1
 JP 2002103460 A
 DE 10119817 A1
 JP H0681727 U
 JP H04341826 A
 WO 2012021940 A1
 WO 2013026087 A1
 WO 0140866 A2
 JP H04255327 A
 DE 20106887 U1

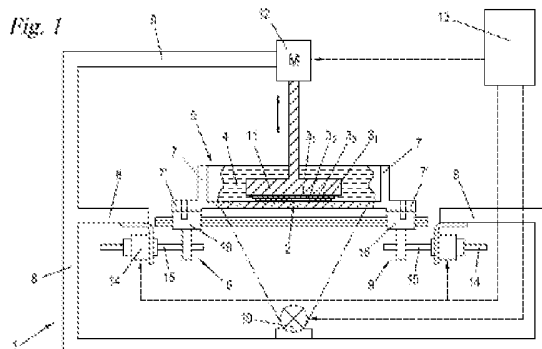
(73) Patentinhaber:
 WAY TO PRODUCTION GmbH
 1030 Wien (AT)

(72) Erfinder:
 Stadlmann Klaus Dipl.Ing. Dr.
 2514 Traiskirchen (AT)

(74) Vertreter:
 WEISER ANDREAS DIPL.ING. DR.
 1130 WIEN (AT)

(54) **Anlage zum schichtweisen Aufbau eines Körpers und Wanne hierfür**

(57) Die Erfindung betrifft eine Anlage (1) zum schichtweisen Aufbau eines Körpers (2) aus einer lichthärtbaren Substanz (4), mit einer Wanne (5) aus elastischem Material zur Aufnahme der Substanz (4) in flüssigem oder pastösem Zustand, einer Lichtquelle (10) zur bereichsweise-selektiven Aushärtung der auf dem Wannenboden aufliegenden Schicht (3_i) der Substanz (4), und einer über dem Wannenboden (6) angeordneten und gegenüber diesem absenk- und anhebbaren Bauplattform (11) zum Anhaften und Anheben der ausgehärteten Substanzschicht (3_i). Die Erfindung betrifft ferner eine Wanne (5) zum Einsetzen in eine derartige Anlage (1).



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anlage zum schichtweisen Aufbau eines Körpers aus einer lichthärtbaren Substanz, mit einer Wanne aus elastischem Material zur Aufnahme der Substanz in flüssigem oder pastösem Zustand, einer Lichtquelle zur bereichsweise-selektiven Aushärtung der auf dem Wannenboden aufliegenden Schicht der Substanz, und einer über dem Wannenboden angeordneten und gegenüber diesem absenk- und anhebbaren Bauplattform zum Anhaften und Anheben der ausgehärteten Substanzschicht. Die Erfindung betrifft ferner eine Wanne zum Einsetzen in eine derartige Anlage.

[0002] Eine Anlage der eingangs genannten Art ist aus der US 2013/0001834 A1 bekannt.

[0003] Das Aufbauen von dreidimensionalen Körpern aus lichthärtbaren Substanzen wie flüssigen, fotosensitiven Kunstharzen bzw. Fotopolymeren, die jeweils Schicht für Schicht mit maskiertem oder fokussiertem Licht bestrahlt werden, ist unter verschiedensten Bezeichnungen wie Rapid Prototyping, Fotosolidification, 3D-Druck oder Stereo(litho)graphie bekannt. In modernen generativen Fertigungsmaschinen werden für die Belichtung der einzelnen Schichten pixelsteuerbare DLP-, MEMS- oder Micromirror-Chips oder steuerbare Laser verwendet, welche eine auf einer lichtdurchlässigen Bodenplatte ruhende Substanzschicht in einem einzigen Schritt belichten können, um die Schicht in ausgewählten Pixelbereichen auszuhärten. Die ausgehärtete Schicht haftet dabei an einer über der Bodenplatte gehaltenen Bauplattform an und wird anschließend mit dieser angehoben, um neue flüssige Substanz auf die Bodenplatte nachströmen zu lassen, welches in einem nächsten Belichtungsschritt ausgehärtet wird, usw. usf. Der Körper wird dadurch sukzessive aus einzelnen Schichten aufgebaut, während die Bauplattform sukzessive nach oben angehoben wird.

[0004] Ein großes Problem ist dabei das zerstörungsfreie Ablösen bzw. Entformen der jeweils ausgehärteten Schicht von der Bodenplatte, um die nächste Flüssigkeitsschicht nachzuströmen zu lassen. In der Literatur wurden bereits zahlreiche Lösungen vorgeschlagen, um das Entformen der ausgehärteten Schicht zu erleichtern. Eine dieser Lösungen besteht darin, eine transparente, flexible Trennfolie lose über der Bodenplatte anzuordnen, welche sich beim Anheben der Plattform dehnt und sukzessive vom Rand her beginnend von der zuletzt gehärteten Schicht abschält, bis sie aufgrund ihrer Elastizität wieder in ihre ursprüngliche Lage über der Bodenplatte zurückschnellt (DE 101 19 817 A1, JP H06 246 838 A). Andere Lösungen verwenden eine zwangsgesteuert wegschwenk- bzw. abkippbare Bodenplatte mit zwischenliegender elastischer Trennfolie (WO 2013/026087 A1, WO 01/05575 A1) oder eine elastische Wanne (siehe die eingangs genannte US 2013/0001834 A1), die zum Ablösen der in der Wanne ausgehärteten Schichten nach unten abgekippt wird. Alle diese bekannten Lösungen haben den Nachteil hoher Abzugskräfte der ausgehärteten Schichten von der Bodenplatte, Trennfolie bzw. Wanne und dadurch einer verringerten Robustheit des Bauprozesses. Filigrane Strukturen sind so nur schwer zu realisieren. Dadurch sind meist zusätzliche Stützstrukturen in dem zu bauenden Körper erforderlich, welche in der Endbearbeitung wieder aufwändig entfernt werden müssen und den Materialverbrauch unnötig erhöhen.

[0005] Die Erfindung setzt sich zum Ziel, Anlagen und Vorrichtungen der eingangs genannten Art zu schaffen, welche einfacher und störungsunanfälliger sind als die bekannten Lösungen und gleichzeitig ein zerstörungsfreies Entformen der ausgehärteten Schicht ermöglichen.

[0006] Dieses Ziel wird in einem ersten Aspekt der Erfindung mit einer Anlage der einleitend genannten Art erreicht, die sich auszeichnet durch eine Spanneinrichtung, welche dafür ausgebildet ist, Zug oder Druck auf die Wanne auszuüben, und eine die Spanneinrichtung und die Bauplattform entsprechend steuernde Steuereinrichtung.

[0007] Die erfindungsgemäße Anlage verwendet anstatt eines starren Bodens mit einer elastischen Trennfolie für den Entformvorgang einen völlig neuartigen Ansatz, und zwar eine Wanne, die aus elastischem Material gefertigt und somit als Ganzes verformbar ist. Dadurch kann sich die gesamte Wanne mit ihrem Wannenboden beim Anheben der Bauplattform und der daran

angehafteten ausgehärteten Substanzschicht verformen, was den Abschälvorgang der Substanzschicht vom Wannenboden fördert und erleichtert. Nach dem vollständigen Abschälen der ausgehärteten Substanzschicht geht die Wanne aufgrund ihrer Elastizität selbsttätig wieder in ihre Ausgangsstellung zurück. Dies erübrigt einen komplizierten Antrieb der Bodenplatte sowie eine gesonderte, hoher Abnutzung unterliegende elastische Trennfolie. Durch die geringen Abzugskräfte der erfindungsgemäßen Lösung können bessere Oberflächenqualitäten, höhere Detailauflösungen und dünnere Wandstärken der erzeugten Körper erreicht werden; sogar nicht ganz ausgehärtete Bereiche in einem Bauteil trennen sich noch selbst von der Wanne. Dies kann insbesondere für gelagerte Bereiche im Bauteil ausgenützt werden, bei welchen die Festigkeit des Gelenkbereichs durch Belichtungsparameter gesteuert wird; es kann so ein „Festigkeits“- Gradient im Bauteil verwirklicht werden.

[0008] Durch die erfindungsgemäße Spanneinrichtung kann der Entformvorgang bzw. das Abschälen der ausgehärteten Schicht vom Wannenboden, bei welchem sich die elastische Wanne durch die Abschälkraft verformt, durch zusätzliche, auf die elastische Wanne ausgeübte Verformungskräfte aktiv unterstützt und erleichtert werden. Die elastische Wanne ermöglicht dabei verschiedene Betriebsweisen: Zum einen kann die Spanneinrichtung die Wanne diametral auseinanderziehen, wodurch der Wannenboden gespannt und gleichzeitig verdünnt wird, was sowohl seitliche als auch nach unten gerichtete zusätzliche Abschälkräfte auf die ausgehärtete Schicht ausübt. Zum anderen kann die Wanne aber auch diametral zusammengedrückt werden, wodurch sich der Wannenboden wölbt, und zwar entweder nach unten, was zusätzliche Entformkräfte erzeugt, oder bevorzugt nach oben, was eine konvexe Form des Wannenbodens gegenüber der ausgehärteten Schicht ergibt und ein von den Rändern der Schicht her beginnendes Abschälen begünstigt. Die Zug- und/oder Druckausübung durch die Spanneinrichtung kann auch pulsierend erfolgen, so dass die Wanne beispielsweise zum Vibrieren gebracht wird.

[0009] Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Wanne einstückig aus dem elastischen Material gefertigt ist, bevorzugt aus Silikon. Die Wanne kann so als kostengünstiger Massenteil gefertigt werden, insbesondere als modular austauschbares Einwegprodukt, wie später noch ausführlicher erläutert. Die Innenseite der Wanne, insbesondere der Wannenboden, braucht dabei nicht einmal eine gesonderte Versiegelung oder Schutzschicht gegenüber der lichthärtbaren Substanz, da sie nur zum Aufbau eines oder weniger Körper bestimmt ist, so dass für diese kurze Standzeit ein allfälliges parasitäres Eindiffundieren der Substanz in die Oberfläche des Wannenbodens vernachlässigbar ist.

[0010] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Spanneinrichtung dafür ausgebildet, etwa diametralen Zug oder Druck auf die Wanne auszuüben.

[0011] Die Spanneinrichtung kann auf alle in der Technik bekannte Arten ausgebildet werden, welche in der Lage sind, einen diametralen Zug oder Druck auf die Wanne auszuüben, beispielsweise als Scheren- oder Zangenkonstruktion, Spindelantrieb oder in Form von Exzenternocken, welche seitlich auf die Wanne drücken oder daran ziehen, usw. usf.

[0012] Bevorzugt hat die Spanneinrichtung zwei relativbewegliche Spannbacken, welche mit seitlichen Laschen der Wanne lösbar verbindbar sind, so dass die Wanne rasch modular ausgetauscht werden kann. Die Spannbacken können beispielsweise mittels gesonderter Spindelantriebe bewegt werden, oder nur ein Spannbacken wird angetrieben und der andere Spannbacken steht fest.

[0013] In einer erster bevorzugten Variante haben die Laschen vertikale Durchbrechungen, welche auf Fädelstifte der Spannbacken auffädelbar sind. Dadurch wird einerseits ein guter Halt der Wanne in der Spanneinrichtung erreicht und andererseits kann die Zug- oder Druckkraft eines Spannbackens auf mehrere über die Breite der Wanne verteilte Stellen verteilt werden, um Faltenbildungen im Wannenboden zu vermeiden. Zu demselben Zweck kann alternativ vorgesehen werden, dass jede Lasche eine horizontale Durchbrechung hat, durch welche eine Halteachse eines Spannbackens hindurchführbar ist.

[0014] Auch ist es möglich, in die Laschen Verstärkungsringe, Halteösen, Klammern od. dgl. für den Angriff der Spanneinrichtung einzubetten, beispielsweise beim Spritzgießen der Wanne. Dabei kann es sich allgemein um Kuppelungselemente handeln, die mit komplementären Kuppelungselementen der Spannbaken kuppelbar sind, z.B. Haken, die in Ösen einführbar sind, und umgekehrt.

[0015] Gemäß einem weiteren bevorzugten Merkmal der Erfindung kann die Anlage auch ein Glättelement umfassen, das unterhalb des Wannenbodens in Anlage an dessen Unterseite in einer Ebene beweglich gelagert ist, um den Wannenboden glattzustreichen. Ein solches Glättelement ist insbesondere in jener Phase des Bauprozesses nützlich, in welcher die Bauplattform nach dem Entformen der zuletzt ausgehärteten Schicht wieder abgesenkt wird, um sich dem Wannenboden bis auf die Schichtdicke der nächsten auszuhärtenden Schicht anzunähern. In dieser Phase könnte sich der Wannenboden bei einer hochviskosen, d.h. pastösen Substanz, welche nur langsam der sich absenkenden Bauplattform mit dem ausgehärteten Schichtenstapel ausweicht, elastisch nach unten ausbauchen. Die Ausbauchung kann von dem Glättelement - bevorzugt gesteuert durch die Steuereinrichtung - beseitigt bzw. geglättet werden, um eine plane flüssige Substanzschicht zwischen dem Wannenboden und der Bauplattform bzw. zuletzt ausgehärteten Substanzschicht in der für den nächsten Belichtungsvorgang richtigen Schichtdicke herzustellen.

[0016] Das Glättelement kann beispielsweise ein Lineal oder eine Rakel sein, welche über die Unterseite des Wannenbodens gestreift wird. Bevorzugt ist das Glättelement eine Walze, die auf der Unterseite des Wannenbodens abrollt, um die Reibung zu vermindern und den Boden zu schonen.

[0017] In einer weiteren Variante der Erfindung kann der Wannenboden auch als ein Doppelboden ausgeführt werden. Dies begünstigt eine symmetrische Krafteinleitung in die Wanne beim Ziehen bzw. Drücken und eröffnet auch die Möglichkeit, zwischen den beiden Böden des Doppelbodens ein über die Unterseite des oberen Bodens bewegliches Glättelement zulagern, um diesen glattzustreichen.

[0018] Der Doppelboden kann darüberhinaus auch zwischen seinen beiden Böden eine starrer Platte lagern, die bei elastischer Verformung der Wanne und damit der beiden Böden gegenüber diesen gleiten kann. Dies ergibt eine Sandwichkonstruktion aus elastischem Boden - starrer Platte - elastischem Boden. Die starre Platte kann beispielsweise auch allseitig von dem elastischen Material der Wanne umschlossen sein. Eine solche lose gleitende Einbettung kann z.B. durch eine Antihaf-Beschichtung der Platte erreicht werden.

[0019] In einem zweiten Aspekt schafft die Erfindung eine Wanne zum modular austauschbaren Einsetzen in eine Anlage der hier vorgestellten Art, welche Wanne aus einem elastischen Material gefertigt ist, wobei die Wanne für den Angriff einer Spanneinrichtung zur Ausübung von Zug oder Druck auf die Wanne ausgebildet. Bevorzugt ist die Wanne mit seitlichen Laschen für den Angriff der Spanneinrichtung ausgestattet. An diesen Laschen kann die Wanne einfach in der Anlage temporär verankert werden. Bevorzugt ist zumindest der Boden der Wanne zumindest teilweise lichtdurchlässig.

[0020] Die Wanne der Erfindung kann mit lichthärtbarer Substanz gefüllt und an ihrer Oberseite mit einem abziehbaren Deckblatt versiegelt sein. Die Wanne bildet so ein Einweg-Fertigprodukt, das in der Art einer Druckerpatrone in die Anlage eingesetzt werden kann, um einen oder mehrere Körper zu bauen, bis der in der Wanne enthaltene Vorrat an lichthärtbarer Substanz verbraucht ist.

[0021] Bevorzugt ist die Wanne einstückig aus dem elastischen Material gefertigt, besonders bevorzugt aus Silikon, was sich für eine kostengünstige Massenfertigung als Einwegteil gut eignet.

[0022] Die Erfindung wird nachstehend anhand von in den beigeschlossenen Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

- [0023]** Fig. 1 die Anlage der Erfindung in einer schematischen Seitenansicht;
- [0024]** Fig. 2 die Wanne und Spanneinrichtung der Anlage von Fig. 1 in einer vergrößerten Perspektivansicht;
- [0025]** die Fig. 3a und 3b weitere Ausführungsformen einer in die Anlage von Fig. 1 einsetzbaren Wanne jeweils in einer Perspektivansicht;
- [0026]** Fig. 4 die Funktionsweise einer Ausführungsform der Anlage von Fig. 1 anhand schematischer und ausschnittsweiser Schnittansichten in verschiedenen Stadien I) bis V) der Fertigung eines Körpers; und
- [0027]** die Fig. 5 bis 8 die Funktionsweisen weiterer Ausführungsformen der Anlage von Fig. 1 in analoger Darstellungsweise wie in Fig. 4.

[0028] Fig. 1 zeigt eine Anlage 1 für „Rapid Prototyping“ zum Aufbau eines dreidimensionalen Körpers 2 aus einzelnen Schichten $3_1, 3_2, \dots$, allgemein 3_i , welche jeweils - Schicht für Schicht - aus einer flüssigen Substanz 4 in einer Wanne 5 ausgehärtet werden.

[0029] Die flüssige Substanz 4 ist mittels Lichtbestrahlung, z.B. durch UV-Licht, aushärtbar („lichthärtbar“). Unter dem Begriff „Licht“ wird hier allgemein jede Art von elektromagnetischer Strahlung verstanden, die eine derartige chemische Wirkung auf die Substanz 4 ausüben kann, z.B. auch Infrarotlicht usw. Unter dem Begriff „flüssig“ werden hier auch pastöse Konsistenzen beliebiger Viskosität verstanden.

[0030] Zu diesem Zweck ist die Wanne 5 aus einem für diese Lichtbestrahlung durchlässigen Material gefertigt, und zwar zumindest in jenem Bereich ihres Wannenbodens 6, über welchem der Körper 2 aufgebaut werden soll. Bevorzugt ist der gesamte Wannenboden 6 lichtdurchlässig, und gegebenenfalls auch ihr umlaufender, vom Wannenboden 6 hochragender Wannerand 7, insbesondere wenn die Wanne 5 einstückig gefertigt ist.

[0031] Die Wanne 5 ist an zumindest zwei etwa diametral gegenüberliegenden, seitlichen Enden an einer Tragstruktur 8 gelagert, bevorzugt über eine Spanneinrichtung 9. In vereinfachten Ausführungsformen kann die Spanneinrichtung 9 entfallen. Die Wanne 5 ist aus einem elastischen Material gefertigt, beispielsweise transparentem elastischem Kunststoff, Kautschuk oder Silikon, und mit Hilfe der optionalen Spanneinrichtung 9 können zusätzlich etwa diametrale Zug- oder Druckkräfte auf die Wanne 5 ausgeübt werden, wie später noch ausführlicher erläutert wird.

[0032] Unterhalb der Wanne 5 liegt eine steuerbare Lichtquelle 10 zur Belichtung der jeweils untersten auszuhärtenden Substanzschicht 3_i . Über der Wanne 5 bzw. dem Wannenboden 6 befindet sich eine Bauplattform 11, welche mittels eines an der Tragstruktur 8 montierten Antriebs 12 relativ zum Wannenboden 6 anheb- und absenkbar ist. Die Bauplattform 11 hat eine im Wesentlichen plane Unterseite (auch wenn dies nicht zwingend ist), die zu Beginn des Körperaufbaus in die flüssige Substanz 4 eintaucht und in einen geringen Abstand zur Oberseite des Wannenbodens 6 gebracht wird. Der Abstand entspricht im Wesentlichen der Schichtdicke der jeweils auszuhärtenden Schicht 3_i und beträgt beispielsweise einige 100 μm . Durch das Absenken der Bauplattform 11 wird die Substanz 4 verdrängt und füllt diesen Abstand bzw. Zwischenraum als dünner Film mit dieser Schichtdicke aus.

[0033] Die Lichtquelle 10 wird anschließend aktiviert und belichtet selektiv jene Bereiche der auszuhärtenden Substanzschicht 3_i , welche verfestigt werden sollen. Die Lichtquelle 10 kann dazu beliebiger Art sein, beispielsweise eine flächige Lichtquelle mit vorgesetzten Masken bzw. Belichtungsfilmen individuell für jede Schicht 3_i ; eine punktförmige bewegliche Lichtquelle wie ein ablenkbarer „Schreib“-Lichtstrahl in der Art eines Laserscanners oder MEMS-Scanners für Laser- oder Leuchtdioden; oder eine pixelweise steuerbare flächige Lichtquelle, z.B. ein DLP-, MEMS- oder Micromirror-Chip, wie er beispielsweise in Video-Beamern Verwendung finden und mit einer Auflösung von z.B. 1920 x 1080 Pixeln in einem einzigen Belichtungsschritt ein Bild auf die Substanzschicht 3_i projizieren kann, um diese bereichsweise-selektiv entsprechend der in dieser Schicht gewünschten Form des Körpers 2 auszuhärten. Bei laserbasierten Lichtquel-

len kann z.B. ein Laserspot im Koordinatenraum (X/Y-Ebene) vektorbasiert punktgenau verfahren werden, z.B. durch Verfahren der gesamten Lasereinheit oder durch Ablenken des Laserstrahls durch optische Elemente.

[0034] Theoretisch könnte sich die Lichtquelle 10 auch oberhalb des Wannenbodens 6 befinden, in welchem Fall es nicht zwingend erforderlich ist, dass der Wannenboden 6 zumindest teilweise lichtdurchlässig ist.

[0035] Nach dem erfolgreichen Aushärten einer Schicht 3_i , hier der ersten Schicht 3_1 , wird die Bauplattform 11 angehoben, wobei die ausgehärtete Schicht 3_1 an der Bauplattform 11 - bzw. jede weitere Schicht 3_i an der jeweils vorangegangenen Schicht 3_{i-1} - anhaftet und sich möglichst zerstörungsfrei vom Wannenboden 6 lösen soll. Die konstruktiven Maßnahmen, um ein möglichst zerstörungsfreies Ablösen bzw. Entformen der ausgehärteten Schicht 3_i vom Wannenboden 6 zu ermöglichen, werden später noch ausführlicher beschrieben.

[0036] In der Praxis wird die Bauplattform 11 um mehr als die Schichtdicke der nächsten auszuhärtenden Substanzschicht 3_{i+1} angehoben, beispielsweise ein Vielfaches der Schichtdicke, damit flüssige Substanz 4, die meist hohe Viskosität hat, möglichst ungehindert in den Zwischenraum zwischen angehobener Bauplattform 11 mit angehaftetem Substanzschichtenstapel 3_1-3_i einerseits und Wannenboden 6 andererseits nachströmen kann. Anschließend wird die Bauplattform 11 mit dem angehafteten Substanzschichtenstapel 3_1-3_i wieder abgesenkt, bis die unterste ausgehärtete Substanzschicht 3_i im korrekten Abstand zum Wannenboden 6 liegt, wobei das Wiederabsenken die Substanz 4 verdrängt, um einen lückenfreien Flüssigkeitsfilm für den nächsten Belichtungsvorgang zu erzeugen. Die Anlage 1 arbeitet somit zyklisch in Hüben der Bauplattform 11, wobei jeder Zyklus die Schritte Absenken, Belichten und Anheben (Entformen) umfasst. Die Steuerung der Anlage 1 wird dabei von einer Elektronik 13 bewerkstelligt, welche den Antrieb 12 der Bauplattform 11, die Lichtquelle 10 und die optionale Spanneinrichtung 9 entsprechend ansteuert.

[0037] Fig. 2 zeigt eine mögliche Ausführung der Spanneinrichtung 9 im Detail. Die Spanneinrichtung 9 umfasst zwei an der Tragstruktur 8 montierte Spindelantriebe 14, welche jeweils über eine Gewindespindel 15 einen Spannbacken 16 antreiben. Die Spannbacken 16 sind auf einer Linearführung 17 zueinander linear relativbeweglich geführt. Optional könnte nur ein Spannbacken 16 beweglich und der andere fix sein und somit ein Spindeltrieb 14 entfallen, doch ist eine symmetrische Bewegung der beiden Spannbacken 16 vorteilhaft, um die ausgehärtete Schicht 3_i beim Entformen möglichst zu schonen. Es versteht sich, dass die Spannbacken 16 auch auf andere Weise als durch Spindelantriebe relativ zueinander bewegt werden könnten, beispielsweise durch Exzenter- oder Scherenantriebe usw.

[0038] Jeder Spannbacken 15 weist zumindest einen, bevorzugt mehrere, über die Breite B der Wanne 5 verteilte Fädelstifte 18 auf, auf welche je eine seitliche Lasche 7' der Wanne 5 mittels vertikaler Durchbrechungen 19 auffädelbar ist. Dadurch kann die Wanne 5 einfach auf die Spanneinrichtung 10 von oben aufgesteckt werden.

[0039] Es versteht sich, dass die Wanne 5 mit ihren Laschen 7' auch auf andere Weise in der Spanneinrichtung 9 montiert werden kann, beispielsweise mit Hilfe von Halteklemmen oder komplementären Haken oder Rastnasen der Spannbacken 16 und/oder Laschen 7'. So könnten in die Laschen 7' Kupplungselemente (zumindest teilweise) eingebettet werden, z.B. beim Spritzgießen der Wanne 5, die mit dazu komplementären Kupplungselementen lösbar gekuppelt werden können, welche an den Spannbacken 16 ausgebildet oder daran montiert sind. Beispielsweise kann es sich bei diesen in die Laschen 7' eingebetteten Kupplungselementen um Verstärkungsringe, Halteösen, Klammern, Haken usw. handeln, die mit dazu komplementären Elementen wie Stiften, Haken, Klammern usw. der Spannbacken 16 verbunden werden können.

[0040] Wenn die Spanneinrichtung 9 lediglich Druck auf die Wanne 5 ausüben soll, könnte sie die Wanne 5 einfach diametral zusammendrücken, wobei auch die Laschen 7' entfallen könnten. Auch ist es möglich, dass die Wanne 5 an mehr als zwei gegenüberliegenden Seiten von

der Spanneinrichtung 9 ergriffen wird, beispielsweise auch in Richtung ihrer Breite B. Dadurch könnte die Wanne 5 von allen vier Seiten in der Ebene des Wannenbodens 6 gestaucht oder gedehnt werden, auch wechselweise, d.h. in ihrer Breitenrichtung B gestaucht und in ihrer Längsrichtung L gedehnt, oder umgekehrt.

[0041] Die Fig. 3a und 3b zeigen zwei alternative Ausführungsformen der elastischen Wanne 5, wobei anstelle von vertikalen Durchbrechungen 19 in jeder Lasche 7' eine horizontale Durchbrechung 20 vorgesehen ist, durch welche eine horizontale Halteachse eines Spannbackens 16 hindurchführbar ist. Die Halteachse kann beispielsweise ein Drahtbügel (nicht gezeigt) sein, welcher mit der Wanne 5 mitgeliefert und auf entsprechenden Haken (nicht gezeigt) eines Spannbackens 16 verhakt wird.

[0042] Wie in Fig. 3a gezeigt, kann die Wanne 5 mit einer Menge an flüssiger, lichterhärtbarer Substanz 4 vorgefüllt und an ihrer Oberseite, d.h. der Oberseite ihres Randes 7, mit einem abziehbaren Deckblatt 21, z.B. einer Aluminiumfolie mit Griffflasche, versiegelt werden. Die Wanne 5 mit Substanz 4 und Foliendeckel 21 kann so beispielsweise als Einwegteil vorgefertigt und ausgeliefert werden, der modular austauschbar in die Anlage 1 einsetzbar ist.

[0043] Fig. 3b zeigt eine Ausführungsform der Wanne 5 mit einem Doppelboden 6 aus einem oberen Boden 22 und einem unteren Boden 23, zwischen denen ein flacher Zwischenraum 24 verbleibt. Diese Ausführungsform erzielt einerseits eine bessere Symmetrisierung der Zug- und Druckkräfte gegenüber den Laschen 7', und andererseits kann der Zwischenraum 24 für weitere Elemente verwendet werden, wie später unter Bezugnahme auf die Fig. 7 und 8 noch ausführlicher veranschaulicht wird.

[0044] In den Fig. 4 bis 8 ist jeweils die Funktionsweise der elastischen Wanne 5 in unterschiedlichen Ausführungsformen der Anlage 1 und in verschiedenen Phasen eines Bauzyklus für eine Schicht 3; gezeigt, und zwar wie folgt:

[0045] Phase I) Ausgangsstellung,

[0046] Phase II) Absenken der Bauplattform,

[0047] Phase III) Belichten,

[0048] Phase IV) Anheben der Bauplattform und Entformen der ausgehärteten Schicht und

[0049] Phase V) Endstellung = Ausgangsstellung.

[0050] Die Fig. 4a und 4b zeigen eine erste Ausführungsform der Anlage 1, bei welcher die Spanneinrichtung 9 zum optionalen Ausüben von diametralem Druck bzw. Zug auf die Wanne 5 verwendet wird.

[0051] Ausgehend von der Ausgangsstellung (Phase I) kann sich beim Eintauchen der Bauplattform 11 mit dem Substanzschichtenstapel 3_1-3_i in die flüssige Substanz 4 (Phase II) der Wannenboden 6 aufgrund der Viskosität der Substanz 4 vorübergehend geringfügig nach unten ausbauchen. Der Wannenboden 6 stellt sich daraufhin für den Belichtungsvorgang in Phase III entweder selbsttätig aufgrund der Elastizität des Materials der Wanne 5 zurück, oder dies wird durch zusätzliche, von der Spanneinrichtung 9 auf die Wanne 5 ausgeübt diametrale Zugkräfte F_1 unterstützt. Zugkräfte F_1 können gegebenenfalls bereits in den Phasen I und/oder II auf die Wanne 5 aufgebracht werden, um das Ausbauchen in Phase II zu minimieren.

[0052] In Phase III wird die neue Schicht 3_{i+1} wie beschrieben durch Aktivieren der Lichtquelle 10 ausgehärtet.

[0053] Beim Anheben der Bauplattform 11 mit dem angehafteten Substanzschichtenstapel 3_1-3_i in Phase IV dehnt sich der Wannenboden 6 aufgrund der Elastizität des Materials der Wanne 5 nach oben, während sich die neu ausgehärtete Schicht 3_{i+1} von den Seiten her fortschreitend vom Wannenboden 6 ablöst bzw. abschält. Dies reduziert die zum Abheben der Bauplattform 11 erforderliche Kraft und ermöglicht ein schonendes, zerstörungsfreies Entformen der neuen Substanzschicht 3_{i+1} . Aufgrund der Elastizität der gesamten Wanne 5 kann sich in Phase IV dabei auch der Rand 7 der Wanne 5 mitverformen, was die Verformung des Wannenbodens 6

begünstigt bzw. zumindest nicht behindert.

[0054] In Phase IV kann zusätzlicher diametraler Druck F_2 auf die Wanne 5 ausgeübt werden, um das Ausbauchen des Wannenbodens 6 nach oben zu fördern, so dass dessen zunehmend konvexe Form den Abschälvorgang der Schicht 3_i fördert. Alternativ (nicht gezeigt) könnte ein solcher diametraler Druck F_2 den Wannenboden 6 auch nach unten ausbauchen, um die Entformungskraft zu verstärken.

[0055] Bevorzugt wird von der Elektronik 13 die Steuerung des Motors 12 zum Anheben der Bauplattform 11 mit der Steuerung der Spanneinrichtung 9 zur Druckausübung F_2 synchronisiert, um genau jenes Maß an Wölbung des Wannenbodens 6 zu erreichen, welches den genannten Abschälereffekt der Schicht 3_{i+1} unterstützt und fördert.

[0056] Alternativ könnte in Phase IV anstelle von diametralem Druck F_2 diametraler Zug F_3 auf die Wanne 5 ausgeübt werden, um das Abschälen des Wannenbodens 6 von der Schicht 3_i zu begünstigen. Fig. 5 zeigt eine Weiterentwicklung einer solchen Ausführungsform mit einer Phase IV, in der bereits zu Beginn starker diametraler Zug F_3 ausgeübt wird. Aufgrund der Zugausübung F_3 auf den Wannenboden 3 dehnt sich dieser und verringert dabei seine Dicke, was ebenfalls ein fortschreitendes Ablösen bzw. Abschälen des Wannenbodens 6 beginnend von den Seiten her von der Schicht 3_{i+1} fördert. Auch diese Zugausübung kann mit der Abhebewegung der Bauplattform 11 synchronisiert werden, um den größtmöglichen Effekt zu erzielen. In einer vereinfachten weiteren Variante der Anlage 1 könnte auf die Spanneinrichtung 9 überhaupt verzichtet werden, d.h. es könnten keinerlei zusätzliche Zug- oder Druckkräfte F_1 , F_2 , F_3 auf die Wanne 5 aufgebracht werden, so dass sich die Wanne 5 ausschließlich durch die Eintauchkräfte in Phase II und Abschälkräfte in Phase IV vorübergehend elastisch verformt.

[0057] Es versteht sich, dass die auf die Wanne 5 aufgebrachten Zug- und Druckkräfte F_1 , F_2 , F_3 nicht exakt antiparallel auf diametral gegenüberliegenden Seiten der Wanne aufgebracht werden müssen, sondern auch zueinander versetzt und/oder geringfügig zueinander schräg gestellt sein können, falls gewünscht.

[0058] Eine weitere Option ist es, die Zug- und Druckkräfte F_1 , F_2 , F_3 jeweils pulsierend, z.B. für eine begrenzte Zeitspanne, und/oder wiederholt alternierend auf die Wanne 5 aufzubringen, und zwar in jeder der genannten Phasen II und IV. So kann die Wanne 5 durch die Spanneinrichtung 9 beispielsweise zum Vibrieren gebracht werden. Allgemein gesprochen kann die Spanneinrichtung 9 die Wanne 5 zu jedem beliebigen Zeitpunkt oder Teilschritt des Prozesses in einen zeitlich veränderlichen räumlichen Spannungszustand bringen, bevorzugt einen zeitlich veränderlichen ebenen Spannungszustand.

[0059] Fig. 6 zeigt eine zusätzliche Maßnahme zur Rückstellung eines sich nach unten ausbauchenden Wannenbodens 6 in Phase II, um eine plane Konfiguration des Wannenbodens 6 für den Belichtungsvorgang in Phase III zu erreichen. In dieser Ausführungsform der Anlage 1 ist unterhalb des Wannenbodens 6 in Anlage an dessen Unterseite ein Glättelement 25 in einer im wesentlichen horizontalen Ebene beweglich gelagert. Das Glättelement 25 ist beispielsweise ein Lineal oder eine Rakel, das bzw. die sich über die gesamte Breite B des Wannenbodens 6 erstreckt und über die gesamte Länge L des Wannenbodens 6 in Richtung des Pfeils P hin und her bewegt werden kann. Bevorzugt ist das Glättelement 25 eine drehbare Walze, die auf der Unterseite des Wannenbodens 6 abrollen kann. Das Glättelement 25 kann beispielsweise auf den Linearführungen 17 der Spanneinrichtung 9 geführt werden und wird bevorzugt von einem (nicht dargestellten) Antrieb angetrieben, der von der Steuerelektronik 13 gesteuert wird.

[0060] In Phase II bzw. vor Phase III wird das Glättelement 25 (zumindest) einmal über die Unterseite des Wannenbodens 6 bewegt, um diesen glattzustreichen und in eine plane Stellung für die Belichtungsphase III zu bringen, in welcher der Wannenboden 6 in einem definierten Abstand zur zuletzt ausgehärteten Substanzschicht 3_i liegt.

[0061] Die Fig. 7a und 7b zeigen eine spezielle Ausführungsform eines Glättelements 27, das sich - anstelle oder zusätzlich zu einer Abstützung auf den Linearführungen 17 - auf einer transparenten Gleitplatte 28 abstützt, die unter dem Wannenboden 6 verläuft. Das Glättelement

27 könnte alternativ auch im Zwischenraum 24 zwischen dem oberen Boden 22 und unteren Boden 23 eines Doppelbodens 6 gemäß Fig. 3b geführt sein.

[0062] Die Fig. 8a und 8b zeigen eine weitere Anwendungsmöglichkeit eines Doppelbodens 6 der Wanne 5. In dem Zwischenraum 24 liegt eine starre Platte 29, welche gegenüber den Böden 22, 23 des Doppelbodens 6 gleiten kann und - zumindest im gedehnten Zustand der Wanne 5 - auch seitliches Spiel 30 zwischen den Rändern der Platte 29 und den Seitenwänden des Zwischenraums 24 hat. Die Platte 29 kann beispielsweise bei einer Spritzgussfertigung der Wanne 5 in das Material der Wanne 5 miteingebettet werden. Eine Antihaft- oder Gleitbeschichtung der Platte 29 kann dabei ein festes Verbinden der Platte 29 mit den Böden 22, 23 verhindern, so dass die Platte 29 beim Dehnen oder Stauchen der Wanne 5 im Doppelboden 6 gleiten kann.

[0063] Die Platte 29 verhindert das Ausbauchen des Bodens 6 nach unten in Phase II und beeinträchtigt nicht das elastische Abschälen des oberen Bodens 22 in Phase IV sowie dessen Zurückkehren in die End- und Ausgangsstellung V bzw. I.

[0064] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsformen beschränkt, sondern umfasst alle Varianten, Modifikationen und Kombinationen der vorgenannten Merkmale, welche in den Rahmen der angeschlossenen Ansprüche fallen.

Patentansprüche

1. Anlage zum schichtweisen Aufbau eines Körpers aus einer lichthärtbaren Substanz, mit einer Wanne (5) aus elastischem Material zur Aufnahme der Substanz (4) in flüssigem oder pastösem Zustand, einer Lichtquelle (10) zur bereichsweise-selektiven Aushärtung der auf dem Wannenboden aufliegenden Schicht (3_i) der Substanz (4), und einer über dem Wannenboden (6) angeordneten und gegenüber diesem absenk- und anhebbaren Bauplattform (11) zum Anhaften und Anheben der ausgehärteten Substanzschicht (3_i),
gekennzeichnet durch eine Spanneinrichtung (9), welche dafür ausgebildet ist, Zug (F₁, F₃) oder Druck (F₂) auf die Wanne (5) auszuüben, und eine die Spanneinrichtung (9) und die Bauplattform (11) entsprechend steuernde Steuereinrichtung (13).
2. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest der Boden (6) der Wanne (5) zumindest teilweise lichtdurchlässig ist.
3. Anlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wanne (5) einstückig aus dem elastischen Material gefertigt ist, bevorzugt aus Silikon.
4. Anlage nach einem Ansprüche 1 bis 3 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spanneinrichtung (9) dafür ausgebildet ist, etwa diametralen Zug (F₁, F₃) oder Druck (F₂) auf die Wanne (5) auszuüben.
5. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spanneinrichtung (9) dafür ausgebildet ist, pulsierenden Zug (F₁, F₃) oder Druck (F₂) auf die Wanne (5) auszuüben.
6. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spanneinrichtung (9) zwei relativbewegliche Spannbacken (16) hat, welche mit seitlichen Laschen (7') der Wanne (5) lösbar verbindbar sind.
7. Anlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Laschen (7') Durchbrechungen (19, 20) haben, durch welche Fädelstifte (18), Halteachsen od.dgl. der Spannbacken (16) hindurchführbar sind.
8. Anlage nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass in die Laschen (7') Verstärkungsringe, Halteösen, Klammern, Haken od. dgl. für den Angriff der Spanneinrichtung (9) eingebettet sind.
9. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, ferner **gekennzeichnet durch** ein Glättelement (25, 27), das unterhalb des Wannenbodens (6) in Anlage an dessen Unterseite in einer Ebene beweglich gelagert ist, um den Wannenboden (6) glattzustreichen.
10. Anlage nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Glättelement (25) eine Walze ist, die auf der Unterseite des Wannenbodens (6) abrollt.
11. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wannenboden (6) ein Doppelboden ist.
12. Anlage nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den beiden Böden (22, 23) des Doppelbodens (6) ein über die Unterseite des oberen Bodens (22) bewegliches Glättelement (27) gelagert ist, um diesen glattzustreichen.
13. Anlage nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den beiden Böden (22, 23) des Doppelbodens (6) eine starre Platte (29) liegt, die bei elastischer Verformung der Wanne (5) gegenüber den Böden (22, 23) gleiten kann.
14. Wanne zum Einsetzen in eine Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wanne (5) aus elastischem Material gefertigt ist und dass sie für den Angriff einer Spanneinrichtung (9) zur Ausübung von Zug (F₁, F₃) oder Druck (F₂) auf die Wanne (5) ausgebildet ist.

15. Wanne nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest der Boden (6) der Wanne (5) zumindest teilweise lichtdurchlässig ist.
16. Wanne nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie mit lichthärtbarer Substanz (4) gefüllt und an ihrer Oberseite mit einem abziehbaren Deckblatt (21) versiegelt ist.
17. Wanne nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie einstückig aus einem transparenten elastischen Material gefertigt ist, bevorzugt aus Silikon.
18. Wanne nach einem der Ansprüche 14 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wanne mit seitlichen Laschen (7') für den Angriff der Spanneinrichtung (9) ausgestattet ist.

Hierzu 11 Blatt Zeichnungen

1/11

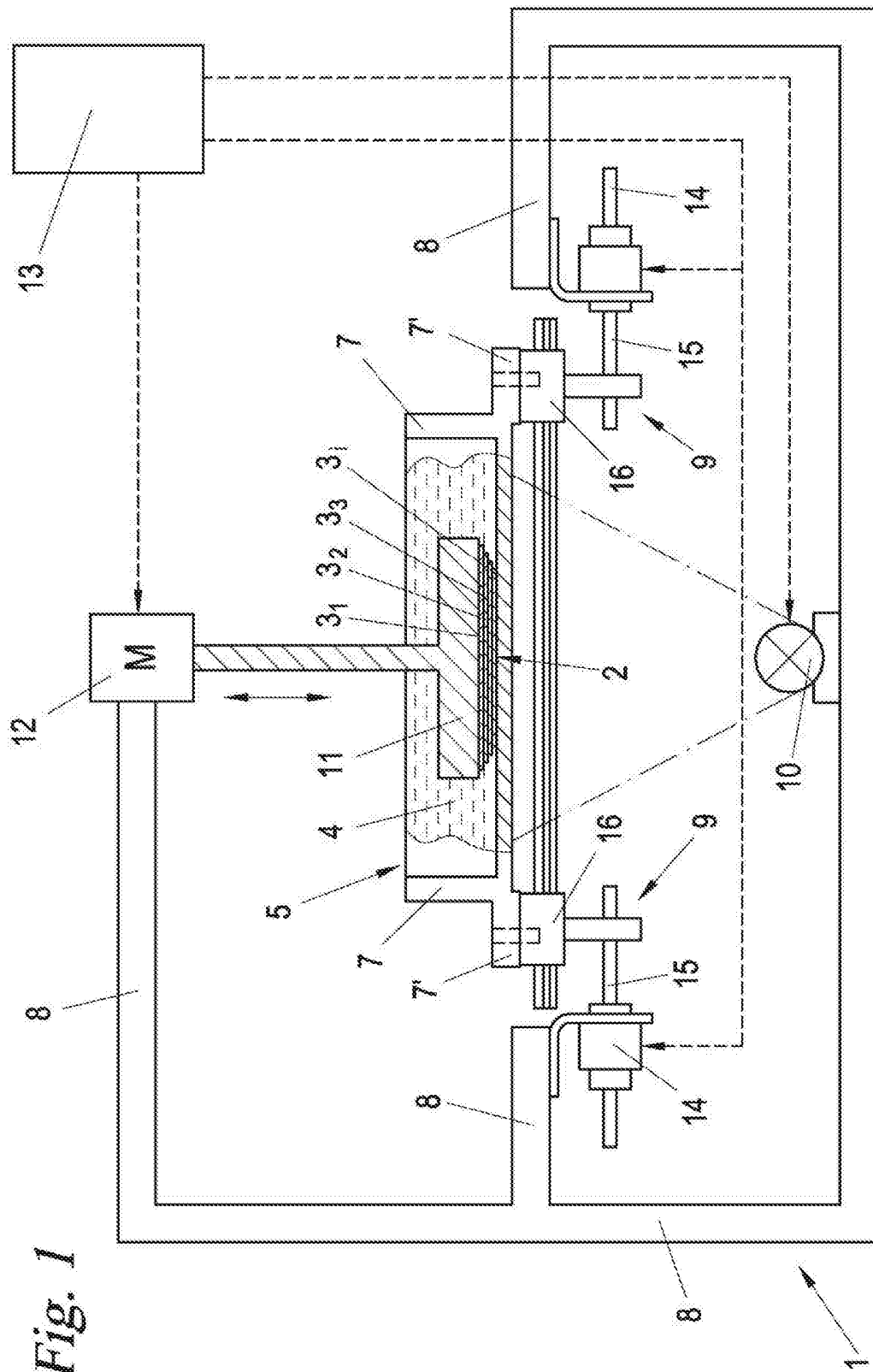


Fig. 1

2/11

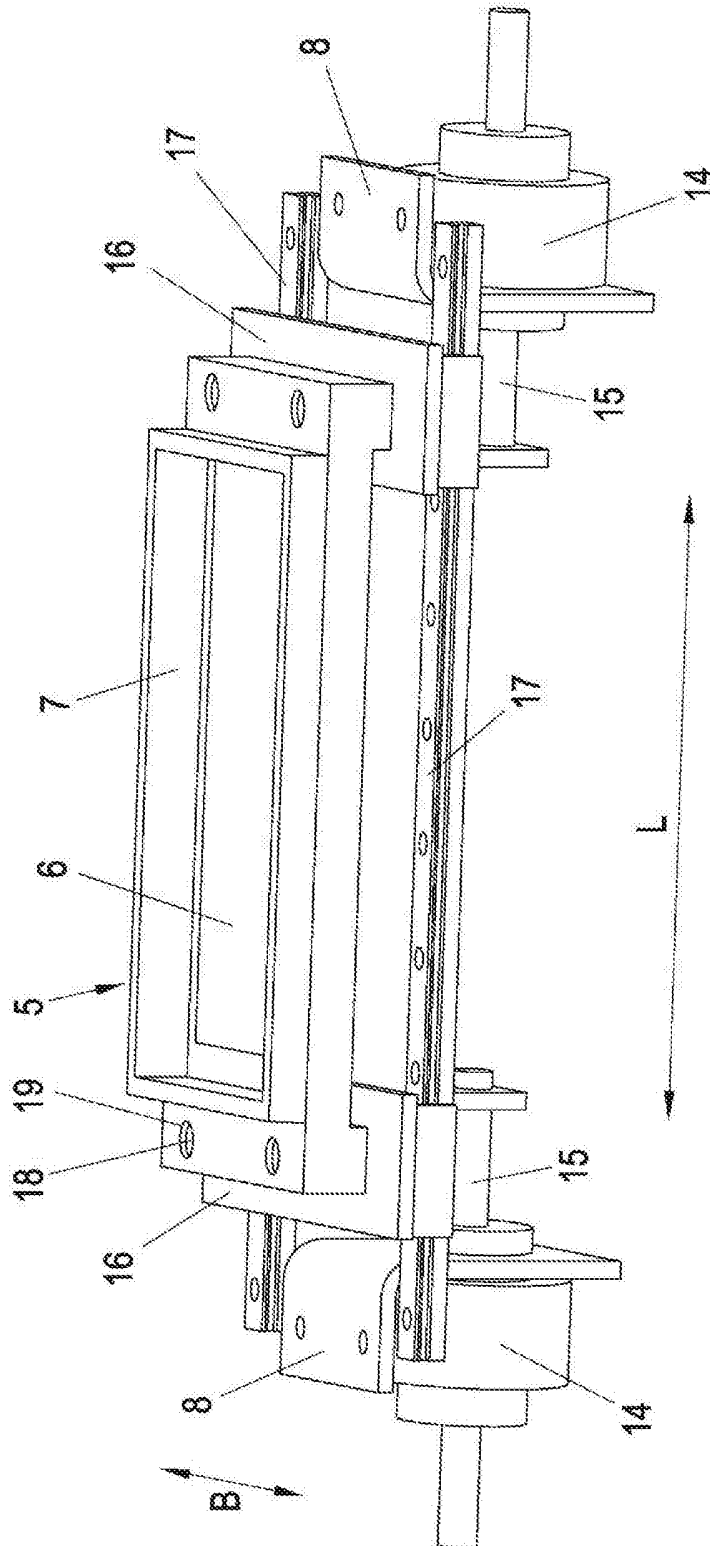


Fig. 2

13 / 21

4/11

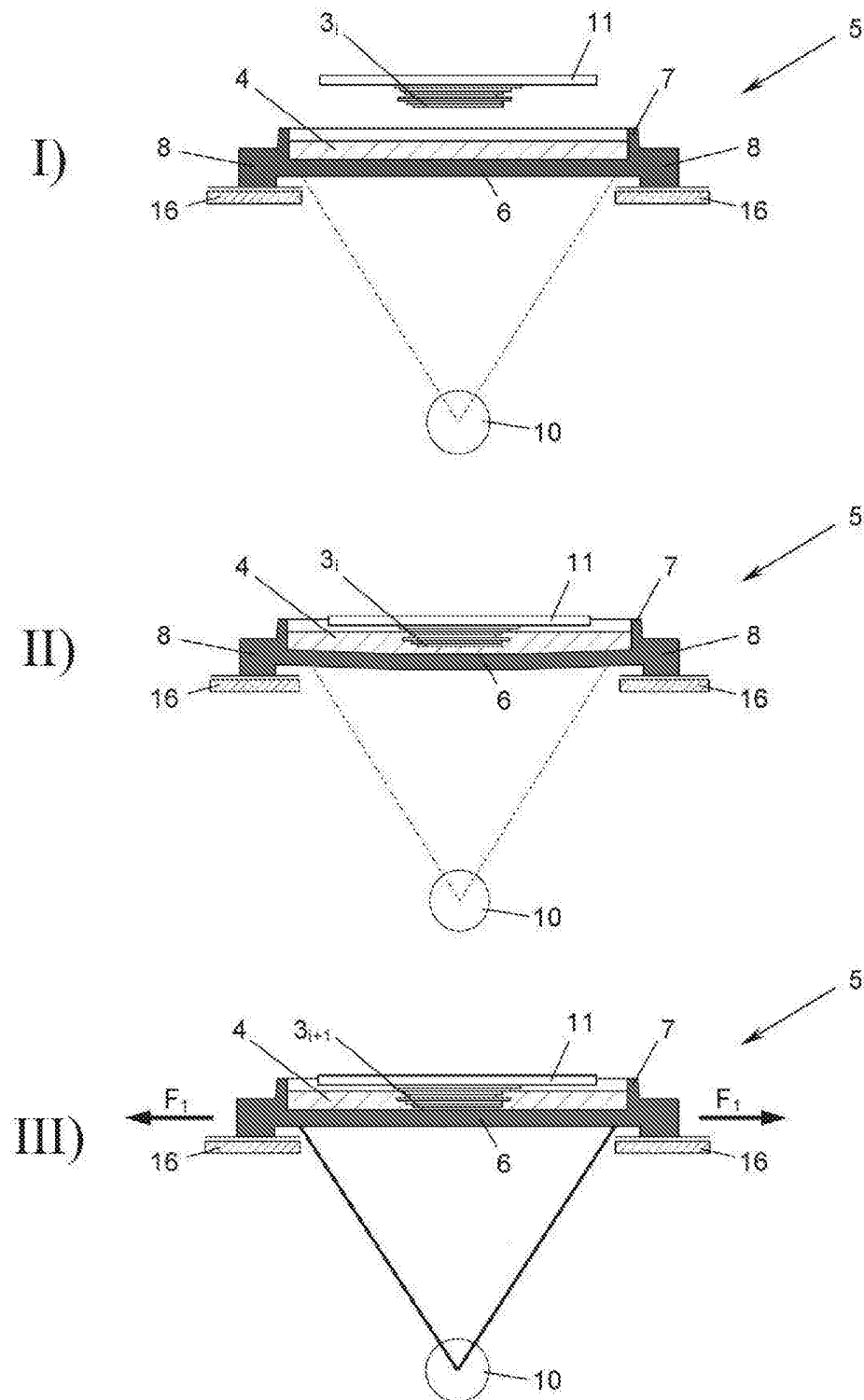


Fig. 4a

5/11

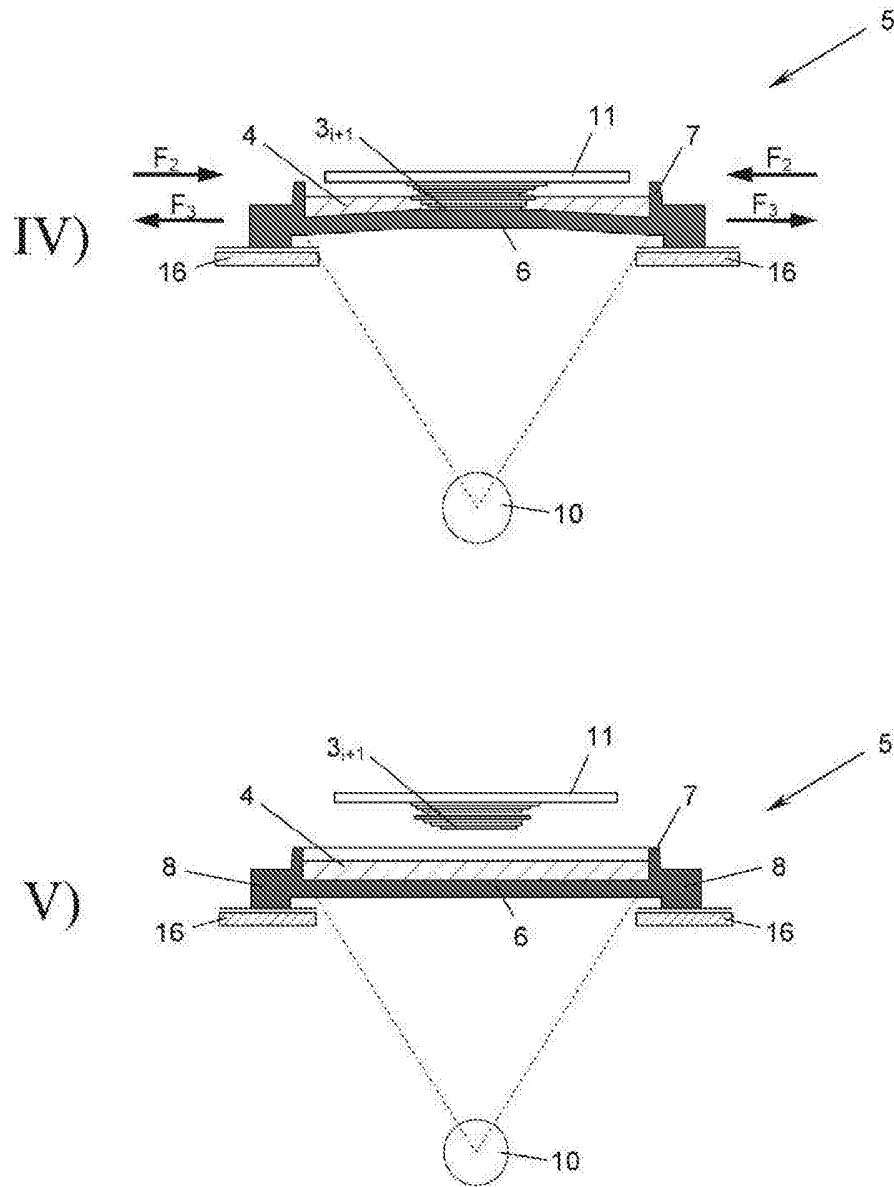


Fig. 4b

6/11

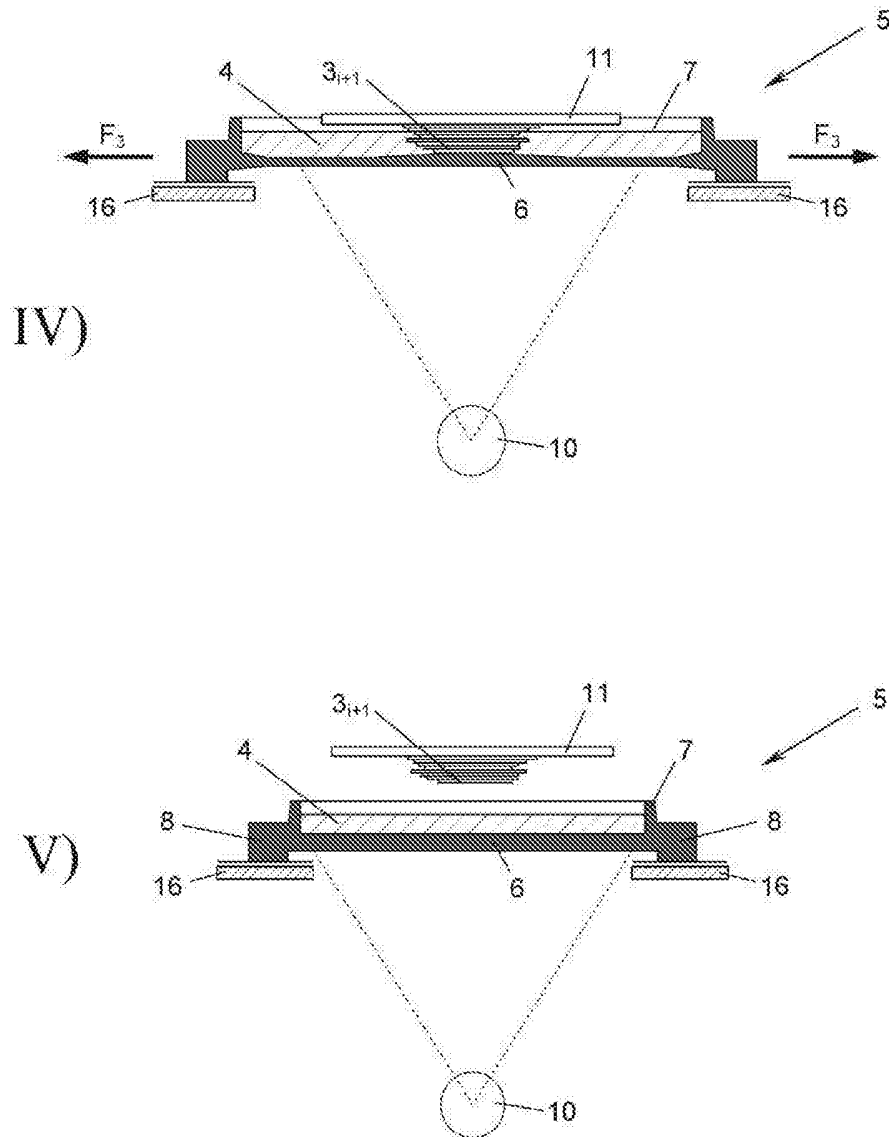
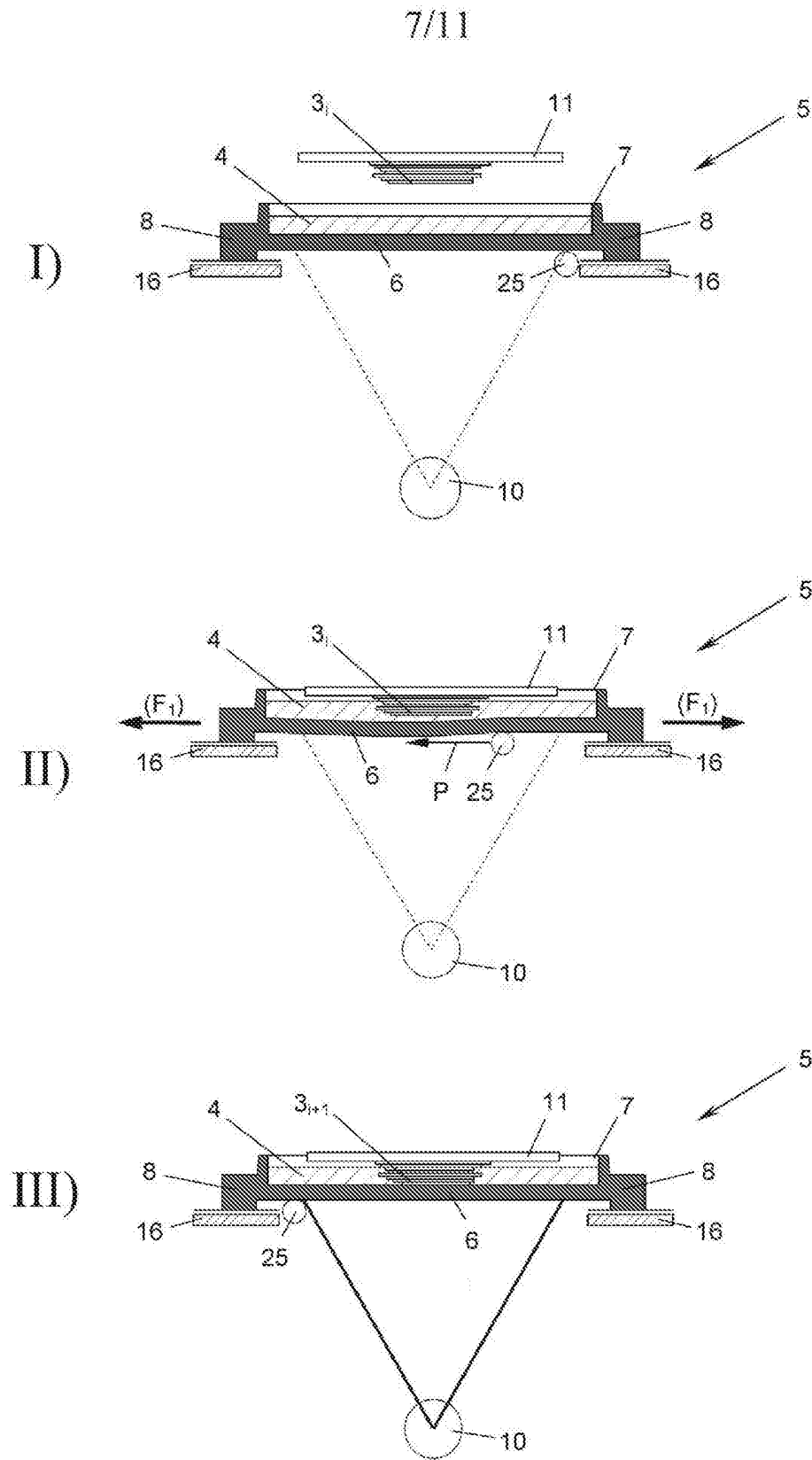


Fig. 5



8/11

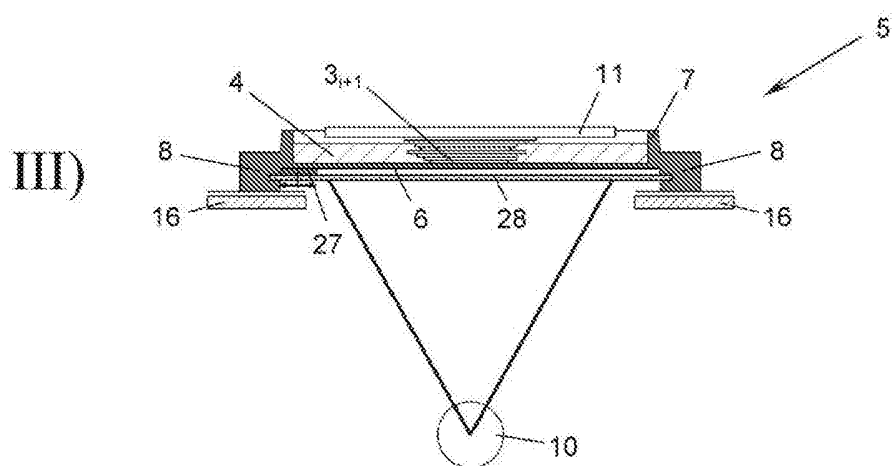
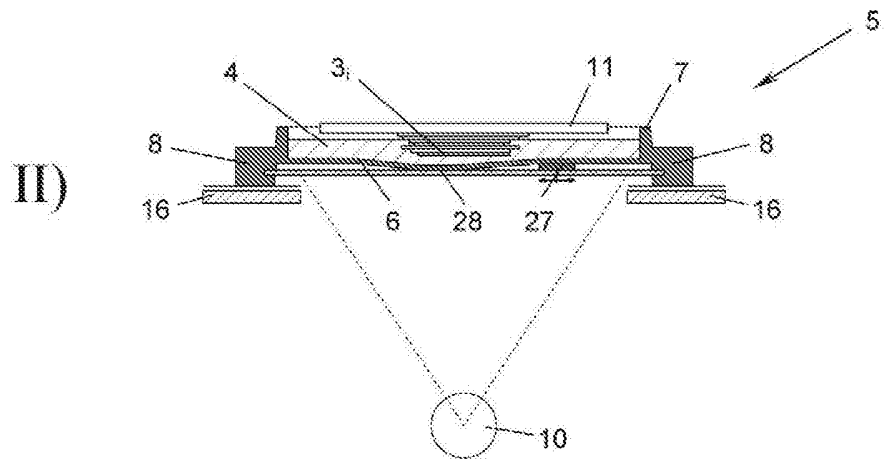
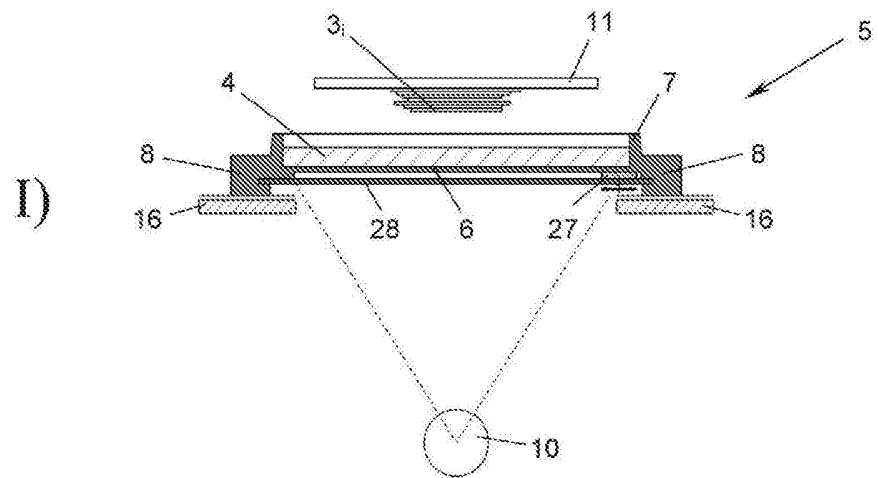


Fig. 7a

9/11

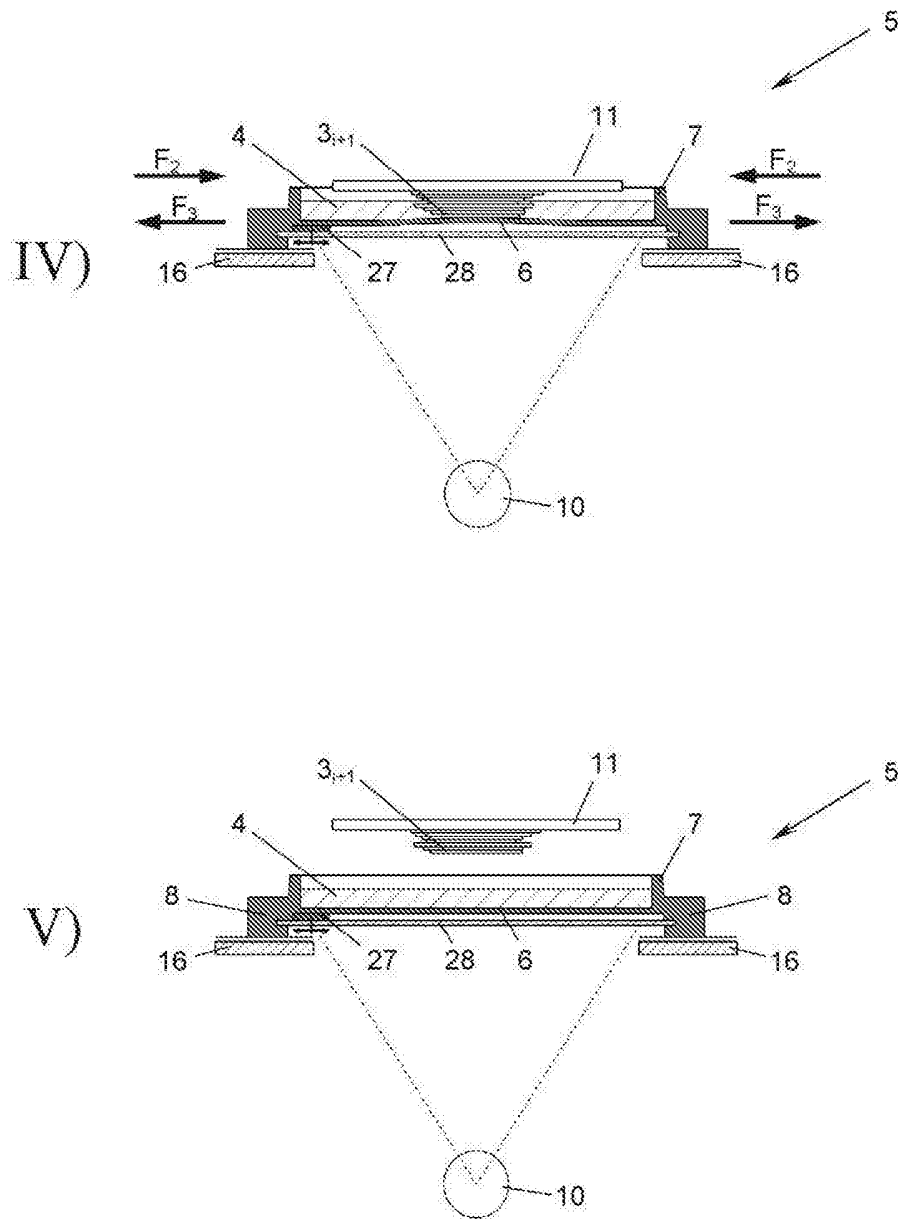


Fig. 7b

10/11

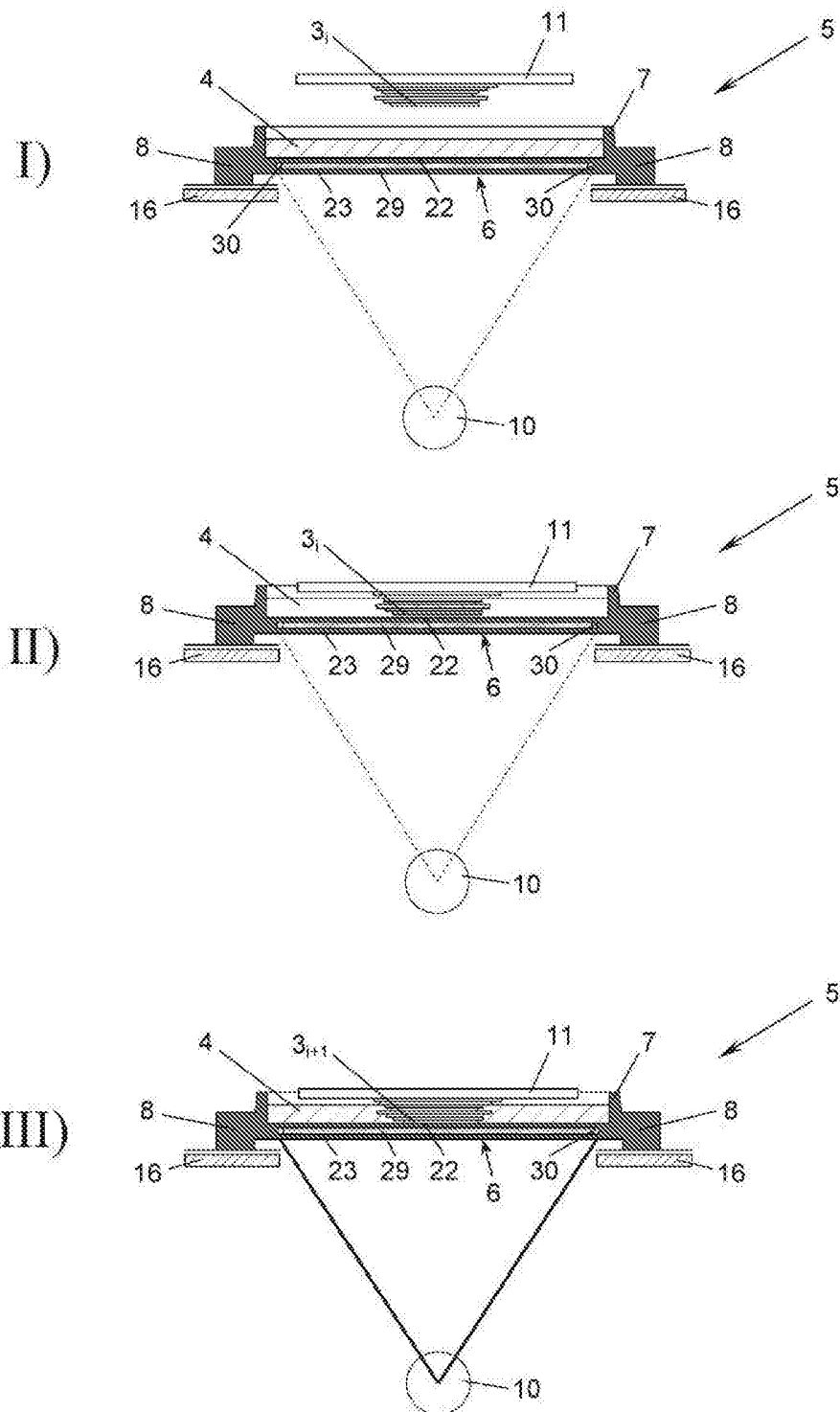


Fig. 8a

11/11

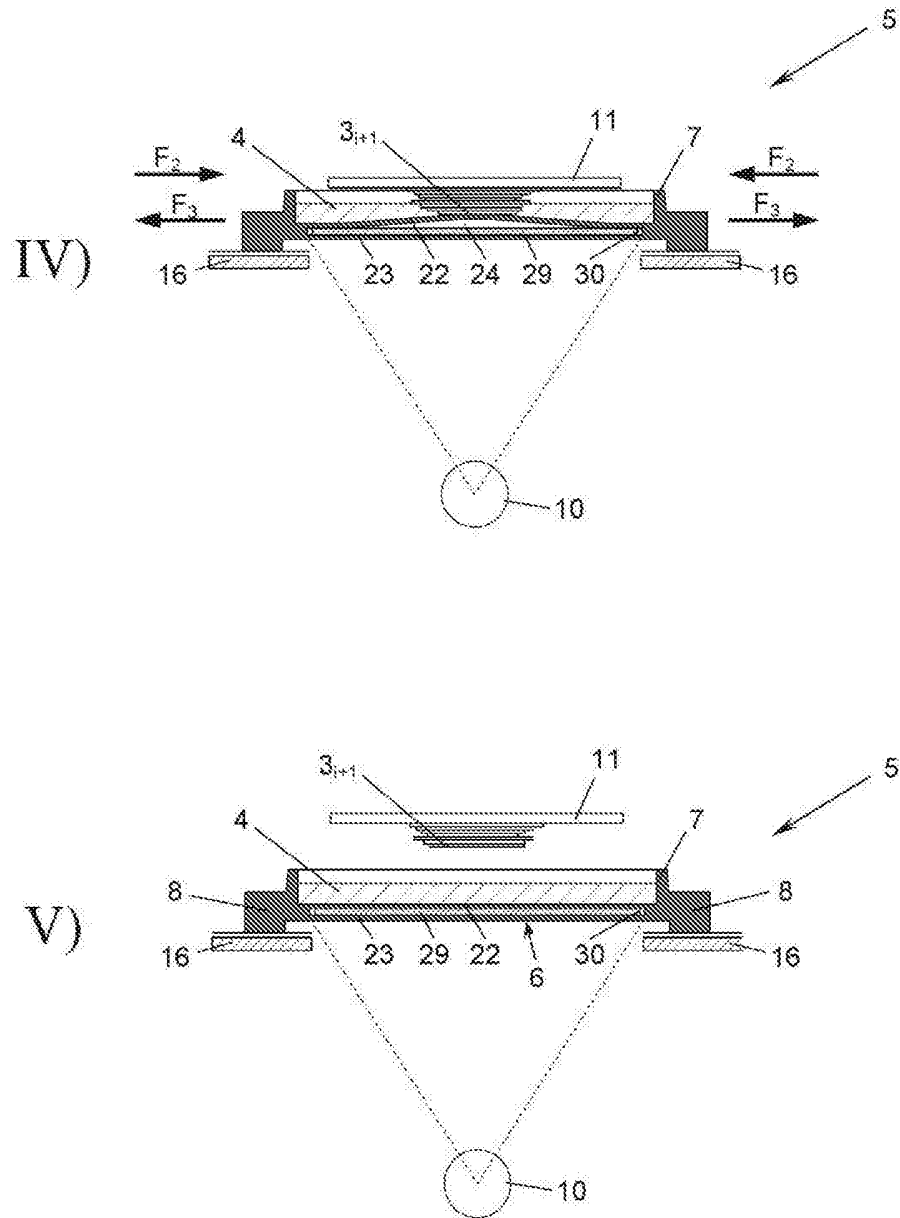


Fig. 8b