



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 11 2004 000 301 T5 2006.01.26**

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
 (87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/076102**  
 in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
 (21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2004 000 301.6**  
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2004/002181**  
 (86) PCT-Anmeldetag: **25.02.2004**  
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **10.09.2004**  
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
 in deutscher Übersetzung: **26.01.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B22F 3/105 (2006.01)**  
**B29C 67/00 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2003-048264 25.02.2003 JP**

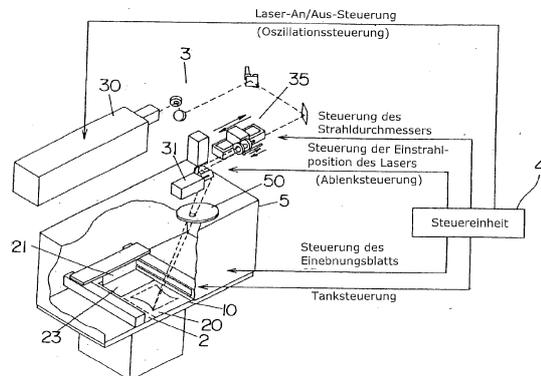
(71) Anmelder:  
**Matsushita Electric Works, Ltd., Kadoma, Osaka, JP**

(74) Vertreter:  
**Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner et col., 50667 Köln**

(72) Erfinder:  
**Abe, Satoshi, Kadoma, Osaka, JP; Fuwa, Isao, Kadoma, Osaka, JP; Yoshida, Norio, Kadoma, Osaka, JP; Higashi, Yoshikazu, Kadoma, Osaka, JP; Togeyama, Hirohiko, Kadoma, Osaka, JP; Takenami, Masataka, Kadoma, Osaka, JP; Shimizu, Takashi, Kadoma, Osaka, JP; Uenaga, Shushi, Kadoma, Osaka, JP**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts, umfassend:  
 einen Tisch;  
 eine Pulverschichtbildungseinheit zur Bildung einer Pulverschicht auf dem Tisch; und  
 eine Bestrahlungseinheit zum Bestrahlen eines vorbestimmten Bereichs der Pulverschicht mit einem optischen Strahl, so dass der vorbestimmte Bereich der Pulverschicht gesintert wird;  
 wobei die Bestrahlungseinheit in einer Position angeordnet ist, die sich nicht unmittelbar oberhalb eines Bereichs der Bestrahlung mit dem optischen Strahl befindet, so dass die Pulverschicht schräg mit dem optischen Strahl bestrahlt wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts durch Bestrahlen einer Pulverschicht aus einem anorganischen oder organischen Pulvermaterial mit einem optischen Strahl unter Bildung einer gesinterten Schicht und durch Übereinanderlaminiieren von gesinterten Schichten.

**[0002]** Ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts durch Laminiieren von gesinterten Schichten ist zum Beispiel aus der Japanischen Offenlegungsschrift Nr. 1-502890 bekannt, wobei zuerst eine auf einem Tisch gebildete Pulverschicht unter Bildung einer gesinterten Schicht mit einem optischen Strahl (gerichteten Energiestrahl, zum Beispiel einem Laser) bestrahlt wird. Die so erhaltene gesinterte Schicht wird dann mit einer neuen Pulverschicht bedeckt, woraufhin mit dem optischen Strahl bestrahlt wird, so dass eine neue gesinterte Schicht entsteht. Diese Vorgänge werden wiederholt durchgeführt, wobei ein dreidimensionales Objekt entsteht, bei dem eine Vielzahl von gesinterten Schichten übereinander laminiert sind.

**[0003]** Dieses Verfahren des Standes der Technik beinhaltet eine Pulverzufuhreinheit zum Zuführen eines Pulvermaterials auf den Tisch, der in einer auf einer vorbestimmten Atmosphäre gehaltenen Kammer untergebracht ist, so dass eine Pulverschicht entsteht, und es beinhaltet auch eine Einheit zum Bestrahlen mit dem optischen Strahl, die sich außerhalb der Kammer befindet, um die Pulverschicht durch ein lichtdurchlässiges Fenster hindurch (einschließlich eines Fensters, das aus einer Linse besteht), das sich unmittelbar über dem Tisch befindet, mit einem optischen Strahl zu bestrahlen.

**[0004]** Wenn das Pulvermaterial zum Sintern mit einem energiereichen optischen Strahl bestrahlt wird (in manchen Fällen erstarrt das Pulvermaterial, nachdem es einmal geschmolzen wurde), entsteht Rauch (zum Beispiel Metallrauch, wenn ein Metallpulver als Pulvermaterial eingesetzt wird). Der Rauch steigt auf und haftet oder klebt an dem Fenster, das sich unmittelbar darüber befindet, wodurch das Fenster eingetrübt und seine Durchlässigkeit für den optischen Strahl gesenkt wird. Dementsprechend wird es unmöglich, das Sintern zu stabilisieren oder die Dichte von gesinterten Teilen zu erhöhen, was zu einer Reduktion der Festigkeit des dreidimensionalen Objekts führt. Die Durchlässigkeit für den optischen Strahl wird außerdem durch das verstreute und schwebende Pulver oder das Pulver, das aus irgendeinem Grund am Fenster haftet, reduziert.

**[0005]** Außerdem wird das dreidimensionale Objekt, das am Ende des Sinterns erhalten wird, aus der

Kammer genommen, aber die Japanische Offenlegungsschrift Nr. 1-502890 offenbart keinen Entnahmemechanismus, und das dreidimensionale Objekt wird unter den bestehenden Umständen von Hand herausgenommen.

**[0006]** Das herzustellende Objekt hat jedoch eine Größe von zum Beispiel 500 mm × 500 mm × 100 mm, und wenn es aus einem Metallpulvermaterial mit einer relativen Dichte von zum Beispiel 6-8 hergestellt wird, hat das erhaltene Objekt schließlich ein Gewicht von 150-200 kg. Da es höchst unwahrscheinlich ist, ein Objekt von einem solchen Gewicht von Hand herauszunehmen, wird ein Kran eingesetzt. Bei einer Vorrichtung, die eine Einheit zum Bestrahlen mit dem optischen Strahl über einem Tisch aufweist, muss die Einheit zum Bestrahlen mit dem optischen Strahl jedoch zum Zeitpunkt, wenn das Objekt mit dem Kran entnommen wird, wegbewegt werden. In diesem Fall geht die Wiederholbarkeit zum Positionieren einer optischen Achse verloren, und damit wird die Genauigkeit der Verarbeitung beträchtlich gesenkt, oder Justierungsarbeit ist jedes Mal notwendig, wenn die Formgebung durchgeführt wird.

**[0007]** Da in einer Vorrichtung, wie sie in der Japanischen Offenlegungsschrift Nr. 2002-527613 offenbart ist, die Seite des Tisches beweglich ist, kann vermieden werden, dass die Einheit zum Bestrahlen mit dem optischen Strahl und der Kran einander stören. In diesem Fall besteht jedoch eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass das Pulver in den beweglichen Tisch gelangen und ihn neigen kann, und somit wird es schwierig, die Wiederholbarkeit zum Positionieren der optischen Achse zu gewährleisten, und es wird ein sehr komplizierter Mechanismus benötigt.

**[0008]** Die vorliegende Erfindung wurde entwickelt, um die oben beschriebenen Nachteile zu überwinden.

**[0009]** Dementsprechend ist es ein primäres Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts bereitzustellen, die nicht durch Rauch oder verstreutes Pulver beeinträchtigt werden.

**[0010]** Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts bereitzustellen, die die Entnahme des geformten Objekts aus der Kammer erleichtern können.

**[0011]** Um das obige Ziel zu erreichen, umfasst die Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts gemäß der vorliegenden Erfindung einen Tisch, eine Pulverschichtbildungseinheit zur Bildung einer Pulverschicht auf dem Tisch und eine Einheit zum Bestrahlen mit einem optischen Strahl (im Fol-

genden Bestrahlungseinheit genannt), mit der ein vorbestimmter Bereich der Pulverschicht mit einem optischen Strahl bestrahlt werden kann, so dass der vorbestimmte Bereich gesintert wird, wobei die Bestrahlungseinheit in einer Position angeordnet ist, die sich nicht unmittelbar oberhalb eines Bereichs der Bestrahlung mit dem optischen Strahl befindet, so dass die Pulverschicht schräg mit dem optischen Strahl bestrahlt wird.

**[0012]** Obwohl Rauch, der durch das Bestrahlen und Erhitzen der Pulverschicht mit dem optischen Strahl entsteht, nach oben in eine Position unmittelbar darüber aufsteigt, kann die Eintrübung der Bestrahlungseinheit (eines Fensters, das auf einer Kammer montiert ist, so dass der optische Strahl hindurchtreten kann), die durch den Rauch verursacht werden kann, reduziert werden, indem man den optischen Strahl von einer Position her einstrahlt, die sich nicht unmittelbar oberhalb des Bereichs der Bestrahlung mit dem optischen Strahl befindet.

**[0013]** Vorzugsweise umfasst die Bestrahlungseinheit eine Strahlformkorrektureinheit zum Korrigieren der Form des optischen Strahls, so dass der Strahl auf einer zu bestrahlenden Oberfläche einen im Wesentlichen runden Lichtpunkt bildet. Obwohl aus einer schrägen Richtung bestrahlt wird, bildet der Strahl auf der Pulverschicht einen im Wesentlichen runden Lichtpunkt, so dass es möglich ist, ein stabiles Sintern durchzuführen.

**[0014]** Wenn sich eine lichtdurchlässige Rauchblockierungseinrichtung zum Blockieren von während des Sinterns erzeugtem Rauch, so dass dieser nicht hindurchtreten kann, zwischen dem Bestrahlungsbereich und einem Teil der Bestrahlungseinheit, von dem aus der optische Strahl emittiert wird, befindet, kann die Reduktion der Lichtdurchlässigkeit sicher verhindert werden.

**[0015]** Wenn sich außerdem eine Rauchabfangeinheit zum Abfangen von Rauch unmittelbar oberhalb des Bestrahlungsbereichs befindet, kann die Reduktion der Lichtdurchlässigkeit, die durch den Rauch verursacht werden könnte, weiter sicher verhindert werden.

**[0016]** Die Vorrichtung umfasst weiterhin eine Kammer zum Unterbringen des Tisches und der Pulverschichtbildungseinheit sowie einen Deckel, um eine Öffnung, die in der Kammer an einer Stelle unmittelbar oberhalb des Bestrahlungsbereichs definiert ist, zu öffnen und zu schließen. Durch diese Konstruktion kann das dreidimensionale Objekt nach Beendigung des Sinterns und Entfernen des nicht verfestigten Pulvers auf dem Tisch durch die Öffnung hindurch aus der Kammer entnommen werden, wobei man zum Beispiel einen Kran verwendet, ohne eine Störung durch die Bestrahlungseinheit zu verursachen,

so dass es möglich ist, zu verhindern, dass Pulver außerhalb der Kammer verstreut wird.

**[0017]** Weiterhin werden nach Beendigung des Sinterns die Menge des Rauchs, der in der Kammer verbleibt, und der Sauerstoffgehalt innerhalb der Kammer gemessen, während man die Atmosphäre innerhalb der Kammer reinigt und das Atmosphären gas durch Luft ersetzt. Wenn die Menge des Rauchs und der Sauerstoffgehalt kleiner werden als die jeweils vorbestimmten Mengen, wird das dreidimensionale Objekt durch die Öffnung hindurch entnommen, wodurch eine Verschmutzung der äußeren Umgebung verhindert wird.

**[0018]** [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Ansicht, teilweise geschnitten, einer Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts gemäß der vorliegenden Erfindung.

**[0019]** [Fig. 2](#) ist eine schematische Ansicht, die den Betrieb der Vorrichtung von [Fig. 1](#) zeigt.

**[0020]** [Fig. 3](#) ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zur Steuerung der Vorrichtung von [Fig. 1](#) zeigt.

**[0021]** [Fig. 4](#) ist ein Blockdiagramm zur Herstellung eines Bestrahlungswegs.

**[0022]** [Fig. 5](#) ist eine vertikale Schnittansicht der Vorrichtung von [Fig. 1](#) und zeigt einen Raucherzeugungsmechanismus.

**[0023]** [Fig. 6](#) ist eine perspektivische Ansicht einer Strahlformkorrektureinheit, die auf der Vorrichtung von [Fig. 1](#) montiert ist.

**[0024]** Die [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7D](#) sind Ansichten, die von der Strahlformkorrektureinheit vorgenommene Strahlformkorrekturen zeigt.

**[0025]** [Fig. 8A](#) ist eine schematische vertikale Schnittansicht einer Modifikation der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung.

**[0026]** [Fig. 8B](#) ist eine schematische vertikale Schnittansicht einer anderen Modifikation der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung.

**[0027]** [Fig. 9](#) ist eine schematische vertikale Schnittansicht einer weiteren Modifikation der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung.

**[0028]** [Fig. 10](#) ist eine schematische vertikale Schnittansicht der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, die insbesondere eine Struktur zum Öffnen und Schließen eines Deckenteils einer Kammer zeigt.

**[0029]** [Fig. 11A](#) ist eine schematische vertikale

Schnittansicht, die eine andere Struktur zum Öffnen und Schließen des Deckenteils der Kammer zeigt.

[0030] [Fig. 11B](#) ist eine schematische vertikale Schnittansicht, die eine weitere Struktur zum Öffnen und Schließen des Deckenteils der Kammer zeigt.

[0031] [Fig. 12](#) ist eine schematische vertikale Schnittansicht, die einen Fall zeigt, in dem eine Rauchabfangeinheit in Bezug auf eine Öffnung in der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung verschoben wurde.

[0032] [Fig. 13](#) ist eine schematische vertikale Schnittansicht einer Modifikation der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0033] Die [Fig. 14A](#) und [Fig. 14B](#) sind schematische vertikale Schnittansichten einer anderen Modifikation der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0034] [Fig. 15](#) ist eine schematische vertikale Schnittansicht einer weiteren Modifikation der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0035] [Fig. 16A](#) ist eine schematische vertikale Schnittansicht, die einen Fall zeigt, in dem Gewindebohrungen für Aufhängebolzen in einem geformten Objekt in der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ausgebildet sind.

[0036] [Fig. 16B](#) ist eine schematische vertikale Schnittansicht, die einen Fall zeigt, in dem Gewindebohrungen für Aufhängebolzen in einer Platte ausgebildet sind, die sich zwischen dem geformten Objekt und einem Tisch in der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung befindet.

[0037] Im Folgenden werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert.

[0038] [Fig. 1](#) zeigt eine Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts gemäß der vorliegenden Erfindung, die eine Pulverschichtbildungseinheit **2**, eine Bestrahlungseinheit **3** und eine Kammer **5** zum Unterbringen der Pulverschichtbildungseinheit **2** umfasst.

[0039] Die Pulverschichtbildungseinheit **2** bildet eine Pulverschicht **10** mit einer vorbestimmten Dicke  $\Delta t_1$  auf einem Tisch **20**, der durch einen Zylinder innerhalb eines geschlossenen Raums vertikal bewegt werden kann, durch Zuführen und Einebnen eines Metallpulvermaterials auf dem Tisch **20** mit Hilfe eines Einebnungsblattes **21**.

[0040] Die Bestrahlungseinheit **3** strahlt einen Laser, der von einem Lasergenerator **30** ausgegeben

wird, über ein optisches Abtastsystem, das einen galvanischen Spiegel **31** und dergleichen beinhaltet, auf die Pulverschicht **10**. Die Bestrahlungseinheit **3** befindet sich außerhalb der Kammer **5**, und der daraus emittierte optische Strahl wird durch ein lichtdurchlässiges Fenster **50**, das auf der Kammer **5** montiert ist, auf die Pulverschicht **10** gestrahlt. Eine Strahlformkorrekturereinheit **35** ist dem optischen Abtastsystem bezüglich der Ausbreitungsrichtung des optischen Strahls vorgeschaltet, so dass der Strahl auf der zu bestrahlenden Oberfläche, d.h. der Pulverschicht **10**, einen im Wesentlichen runden Lichtpunkt bildet.

[0041] Für das Fenster **50** wird ein Material verwendet, das für den optischen Strahl durchlässig ist. Wenn der Lasergenerator **30** ein CO<sub>2</sub>-Laser ist, kann eine flache Platte aus ZnSe oder dergleichen verwendet werden. Das Fenster **50** kann aus einer Linse (zum Beispiel einer F $\theta$ -Linse) bestehen.

[0042] [Fig. 2](#) zeigt, wie man unter Verwendung der oben genannten Vorrichtung ein dreidimensionales Objekt herstellt. Wie dort gezeigt ist, wird ein Pulvermaterial, das aus einem Pulvertank **23** gerieselst ist, durch das Einebnungsblatt **21** einer auf dem Tisch **20** montierten Formbasis **22** zugeführt. Das so der Basis **22** zugeführte Pulvermaterial wird gleichzeitig durch das Einebnungsblatt **21** eingeebnet, so dass eine erste Pulverschicht **10** entsteht, und dann wird ein optischer Strahl (Laserstrahl) L auf einen gewünschten Teil der ersten Pulverschicht **10** gestrahlt, so dass dieser gesintert wird und dadurch eine gesinterte Schicht **11** entsteht, die mit der Basis **22** vereinigt ist. Danach wird der Tisch **20** um eine vorbestimmte Strecke abgesenkt, und eine zweite Pulverschicht **10** wird sowohl auf der ersten Pulverschicht **10** als auch auf der gesinterten Schicht **11** gebildet, indem man wiederum das Pulvermaterial zuführt und es mit Hilfe des Einebnungsblatts **21** einebnet. Der optische Strahl L wird wiederum auf einen gewünschten Teil der zweiten Pulverschicht **10** gestrahlt, so dass dieser gesintert wird und dadurch eine weitere gesinterte Schicht **11** entsteht, die mit der darunterliegenden gesinterten Schicht **11** vereinigt ist. Eisenpulver mit einem mittleren Teilchendurchmesser von zum Beispiel 30  $\mu\text{m}$  wird als Pulvermaterial verwendet, aber es können auch beliebige andere geeignete Materialien verwendet werden.

[0043] Ein Verfahren zur Steuerung der Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts gemäß der vorliegenden Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) kurz erläutert.

[0044] Die Pulverschichtbildungseinheit **2** und die Bestrahlungseinheit **3** sind beide elektrisch mit einer Steuereinheit **4** verbunden. Die Steuereinheit **4** steuert die Pulverschichtbildungseinheit **2**, so dass sie

dem Tisch **20** ein im Pulvertank **23** untergebrachtes Metallpulvermaterial zuführt und das Metallpulvermaterial mit Hilfe des Blattes **21** einebnet. Die Steuereinheit **4** steuert auch die Bestrahlungseinheit **3**, so dass der Lasergenerator **30** beim Bestrahlen der Pulverschicht **10** mit dem Laser Ein/Aus-gesteuert wird (Oszillationssteuerung), die Strahlformkorrekturereinheit **35** so gesteuert wird, dass man einen gewünschten Strahldurchmesser erhält, damit der Strahl auf der Pulverschicht **10** einen im Wesentlichen runden Lichtpunkt bildet, und das optische Abtastsystem so gesteuert wird (Ablenksteuerung), dass der Laser auf eine vorbestimmte Position der Pulverschicht **10** gestrahlt wird.

**[0045]** Insbesondere bestimmt die Steuereinheit **4** zuerst eine Bestrahlungsordinate, die von dem Bestrahlungsweg des optischen Strahls abhängt, der im voraus eingegeben wurde. Die Steuereinheit **4** berechnet dann einen Ablenkwinkel (Reflexionswinkel) des galvanischen Spiegels **31** und einen Drehwinkel sowie eine Position zum Beispiel einer zylindrischen Linse, die die Strahlformkorrekturereinheit **35** bildet. Auf der Grundlage der Berechnungsergebnisse steuert die Steuereinheit **4** den Lasergenerator **30** durch An/Aus-Steuerung, steuert den galvanischen Spiegel **31** durch Ablenksteuerung und steuert den Winkel und die Position der zylindrischen Linse.

**[0046]** Wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist, können Daten, die den Bestrahlungsweg des optischen Strahls anzeigen, im voraus aus dreidimensionalen CAD-Daten erzeugt werden. Zum Beispiel werden Konturdaten für jeden Schnitt hergestellt, indem man aus einem dreidimensionalen CAD-Modell erzeugte STL-Daten (triangulierte Stereolithographiedaten) in gleichmäßigen Abständen (0,05 mm im Falle, dass  $\Delta t_1$  0,05 mm beträgt) in Schnitte zerlegt, und mit diesen Daten wird eine den Bestrahlungsweg erzeugende Verarbeitung durchgeführt, so dass die Daten entstehen, die den Bestrahlungsweg des optischen Strahls anzeigen, die dann zusammen mit den Konturdaten in die Vorrichtung eingegeben werden.

**[0047]** In dieser Vorrichtung werden ein Vorgang der Bildung einer neuen Pulverschicht **10**, nachdem der Tisch **20** abgesenkt wurde, und ein Vorgang der Bestrahlung eines gewünschten Teils der neuen Pulverschicht **10** mit dem optischen Strahl **L** unter Bildung einer neuen gesinterten Schicht **11** wiederholt durchgeführt, wodurch ein gewünschtes dreidimensionales Objekt als laminiertes Körper aus den gesinterten Schichten hergestellt wird. Als optischer Strahl wird vorzugsweise ein CO<sub>2</sub>-Laser verwendet. Bei Anwendungen, bei denen das dreidimensionale Objekt ein Umformwerkzeug ist, beträgt die bevorzugte Dicke  $\Delta t_1$  jeder Pulverschicht **10** etwa 0,05 mm.

**[0048]** Wenn das Sintern durch Bestrahlen des Pulvermaterials mit dem optischen Strahl **L** durchgeführt

wird, entsteht Rauch **6**, wie oben erläutert wurde. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, steigt dieser Rauch **6** auf und erreicht eine Position unmittelbar oberhalb eines Bestrahlungsbereichs **A**, und aus diesem Grund befindet sich das Fenster **50** auf einer Position der Kammer **5**, die seitlich in Bezug auf eine Position unmittelbar oberhalb des Bestrahlungsbereichs **A** abweicht, so dass die Bestrahlung der Pulverschicht **10** mit dem optischen Strahl schräg durchgeführt werden kann. Das heißt, die Abweichung des Fensters **50** in Bezug auf die Position unmittelbar oberhalb des Bestrahlungsbereichs **A** reduziert die Möglichkeit, dass der Rauch **6** auf einer Innenfläche des Fensters **50** haftet oder klebt. Es ist zwar bevorzugt, dass das Fenster **50** und der Bestrahlungsbereich **A** nicht miteinander überlappen, doch selbst wenn sie teilweise überlappen, entsteht dadurch kein Problem, wenn der optische Strahl **L** nicht durch einen Bereich des Fensters **50** tritt, wo sie miteinander überlappen.

**[0049]** Die Bestrahlung der Pulverschicht **10** mit dem optischen Strahl von schräg oberhalb führt dazu, dass der optische Strahl auf der Pulverschicht **10** einen ovalen und keinen runden Lichtpunkt bildet. Außerdem variiert die Form des vom optischen Strahl gebildeten Lichtpunkts in Abhängigkeit vom Abstand zum Fenster **50**. Dementsprechend ist die Strahlformkorrekturereinheit **35** in der erläuterten Ausführungsform dem optischen Abtastsystem, das aus dem galvanischen Spiegel **31** und dergleichen besteht, bezüglich der Ausbreitungsrichtung des optischen Strahls vorgeschaltet, so dass der Strahl auf der zu bestrahlenden Oberfläche, d.h. der Pulverschicht **10**, einen im Wesentlichen runden Lichtpunkt bildet.

**[0050]** [Fig. 6](#) zeigt ein Beispiel für die Strahlformkorrekturereinheit **35**, die ein Paar zylindrischer Linsen **36**, **37** und einen Rotationsmechanismus (nicht gezeigt), um die zylindrischen Linsen **36**, **37** um die Achse des optischen Strahls zu drehen, umfasst. Bei Anwendungen, bei denen die zylindrischen Linsen **36**, **37** des Paares in axialer Richtung des optischen Strahls nebeneinander liegen, sind sie so gestaltet, dass nicht nur einer von beiden oder alle beide gedreht werden können, sondern sie können auch unabhängig voneinander in axialer Richtung des optischen Strahls bewegt werden, so dass sich der Abstand dazwischen ändert.

**[0051]** Wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist, gilt Folgendes: Wenn die Rückenlinien der konvexen Flächen (**g**) der zylindrischen Linsen **36**, **37** im rechten Winkel zueinander liegen, wird ein optischer Strahl **L** mit einem runden Querschnitt, wie er in [Fig. 7A](#) gezeigt ist, erhalten, wenn der optische Strahl **L** durch das Linsensystem, d.h. die zylindrischen Linsen **36**, **37**, getreten ist. In diesem Fall kann der Strahldurchmesser geändert werden, indem man das Intervall zwischen den beiden zylindrischen Linsen **36**, **37** steuert. Wenn die

Rückenlinien der konvexen Flächen (g) der zylindrischen Linsen **36**, **37** in vertikaler Richtung parallel zueinander liegen, wird ein optischer Strahl L mit einem ovalen Querschnitt, wie er in [Fig. 7B](#) gezeigt ist, erhalten, wobei die Hauptachse des Ovals in vertikaler Richtung orientiert ist. Wenn die Rückenlinien der konvexen Flächen (g) der zylindrischen Linsen **36**, **37** in horizontaler Richtung oder in einer schrägen Richtung parallel zueinander liegen, wird ein optischer Strahl L mit einem ovalen Querschnitt, wie er in [Fig. 7C](#) oder [Fig. 7D](#) gezeigt ist, erhalten, wobei die Hauptachse des Ovals in der jeweiligen Richtung orientiert ist. Wenn sich die Rückenlinien der konvexen Flächen (g) der zylindrischen Linsen **36**, **37** weiterhin unter einem bestimmten Winkel zwischen dem parallelen Zustand und dem orthogonalen Zustand schneiden, kann der Anteil der Hauptachse und der Nebenachse wahlfrei geändert werden.

**[0052]** Bei der praktischen Ausführung der vorliegenden Erfindung ist die Strahlformkorrekturereinheit **35** so gestaltet, dass sie einen optischen Strahl L mit einem ovalen Querschnitt emittiert, so dass der Strahl auf der Oberfläche der Pulverschicht **10** einen im Wesentlichen runden Lichtpunkt bilden kann. Dadurch kann der Strahl unabhängig davon, dass der optische Strahl L in einer schrägen Richtung eingestrahlt wird, auf der zu bestrahlenden Oberfläche einen im Wesentlichen runden Lichtpunkt bilden. Insbesondere kann der Strahl auf der zu bestrahlenden Oberfläche stets einen runden Lichtpunkt bilden, indem man die Querschnittsform des optischen Strahls L gemäß dem Einstrahlungswinkel korrigiert, welcher je nach der Position, wo der optische Strahl L eingestrahlt wird, variiert.

**[0053]** Es sei hier angemerkt, dass in der oben beschriebenen Ausführungsform zwar zwei zylindrische Linsen **36**, **37** für die Strahlformkorrekturereinheit **35** verwendet werden, doch ein Strahl mit rundem Lichtpunkt auch zu einem Strahl mit ovalem Lichtpunkt, dessen Hauptachse in einer bestimmten Richtung orientiert ist, geändert werden kann, indem man nur eine einzige zylindrische Linse verwendet. In diesem Fall bildet der Strahl, der im Bestrahlungsbereich A auf die Pulverschicht **10** eingestrahlt wird, einen runden oder im Wesentlichen runden Lichtpunkt, indem man den Strahl mit dem ovalen Lichtpunkt schräg einstrahlt.

**[0054]** [Fig. 8A](#) oder [Fig. 8B](#) zeigt eine andere Ausführungsform, in der eine Rauchblockierungseinrichtung vorgesehen wird, weil nicht vollständig verhindert werden kann, dass der Rauch **6** am Fenster **50**, das den optischen Strahl L hindurchtreten lässt, haftet, indem man das Fenster **50** lediglich gegenüber der Position unmittelbar oberhalb des Bestrahlungsbereichs verschiebt. Die Kammer **5** ist durch die lichtdurchlässige Rauchblockierungseinrichtung, die bewirkt, dass der Rauch **6** blockiert wird und nicht hin-

durchtreten kann, in zwei Kompartimente unterteilt. Der Tisch **20** befindet sich auf einer Seite der Kammer **5**, während sich das Fenster **50**, aus dem der optische Strahl L schließlich emittiert wird, auf der anderen Seite der Kammer **5** befindet.

**[0055]** Die Rauchblockierungseinrichtung kann eine sich senkrecht erstreckende transparente Platte **60** sein, wie sie in [Fig. 8A](#) gezeigt ist, doch vorzugsweise kann ein Gasvorhang **61** verwendet werden, wie er in [Fig. 8B](#) gezeigt ist. Um innerhalb der Kammer **5** eine nichtoxidierende Atmosphäre zu erzeugen, wird es insbesondere dann, wenn der Gasvorhang **61** mit einem Atmosphäregas wie Stickstoff gebildet wird, das in die Kammer **5** eingeleitet werden soll, möglich, leicht zu verhindern, dass der Rauch das Fenster **50** erreicht, während die Atmosphäre aufrechterhalten wird.

**[0056]** Die [Fig. 9](#) zeigt eine weitere Ausführungsform, in der sich eine Rauchabfangeinheit **7** unmittelbar oberhalb des Bestrahlungsbereichs des optischen Strahls L befindet. Die gezeigte Rauchabfangeinheit **7** beinhaltet eine Luftpumpe **70** und ein Filter **71** und fängt Rauch **6** und in der Kammer **5** verstreutes Pulver ab, indem sie das Atmosphäregas innerhalb der Kammer **5** durch Absauganschlüsse, die in einem Deckenteil der Kammer **5** definiert sind, absaugt und indem sie bewirkt, dass das Atmosphäregas durch das Filter **71** tritt. Obwohl das abgeseugte Atmosphäregas in die Kammer **5** zurückgeführt wird, wirkt der Gasvorhang **61** so, dass er den Rauch **6** sicher und zuverlässig daran hindert, die Lichtdurchlässigkeit zu senken.

**[0057]** Für das Filter **71** kann jedes beliebige Material verwendet werden, wenn es den Rauch **6** und das Pulver effektiv abfangen kann. Ein Filter des Labyrinthtyps oder Zyklontyps kann verwendet werden. Wenn das Pulver ein magnetisches Material ist, kann ein Magnet verwendet werden.

**[0058]** [Fig. 10](#) zeigt eine andere Ausführungsform, in der die Kammer **5** eine Öffnung **52**, die in deren Deckenteil unmittelbar oberhalb des Bestrahlungsbereichs definiert ist, und einen Deckel **51** zum Öffnen und Schließen der Öffnung **52** aufweist. Die Öffnung **52** soll es einem Kran **8** ermöglichen, durch dieselbe hindurch ein geformtes Objekt zu entnehmen. Da die Kammer **5** während des Sinterns mit Inertgas gefüllt ist, wird die Kammer **5** unter Verwendung einer Verpackung oder dergleichen luftdicht gemacht, wenn der Deckel **51** geschlossen ist.

**[0059]** Eine Struktur zum Öffnen und Schließen des Deckels **51**, wie sie in [Fig. 10](#) gezeigt ist, ist vom rotierenden Typ und weist ein Scharnier auf, aber ein Deckel **51** des Falttyps, wie er in [Fig. 11A](#) gezeigt ist, oder des Gleittyps **51**, wie er in [Fig. 11B](#) gezeigt ist, kann ebenfalls verwendet werden, und die Struktur

zum Öffnen und Schließen des Deckels **51** ist nicht auf die in den Figuren gezeigten Strukturen beschränkt.

**[0060]** Wie in [Fig. 12](#) gezeigt ist, gilt Folgendes: Wenn die Rauchabfangeinheit **7** zusammen mit der Struktur zum Öffnen und Schließen verwendet wird, muss die Rauchabfangeinheit **7** so gestaltet sein, dass sie von der Position unmittelbar oberhalb des Bestrahlungsbereichs wegbewegt werden kann, zum Beispiel durch eine Gleitbewegung. Alternativ dazu kann die Rauchabfangeinheit **7** auch auf dem Deckel **51** montiert sein. Auf jeden Fall muss eine solche Einheit so gestaltet sein, dass sie die Entnahme des geformten Objekts durch die Öffnung **52** hindurch nicht behindert.

**[0061]** Wenn das Sintern beendet ist, bleibt ein Pulvermaterial, das nicht verfestigt wurde, neben dem geformten Objekt auf dem Tisch **20** zurück. Vorzugsweise wird dieses Pulvermaterial in der in [Fig. 13](#) gezeigten Weise entfernt, wobei es durch eine Düse **55** angesaugt und in einem Behälter **56** aufbewahrt wird. Alternativ dazu wird, wie in den [Fig. 14A](#) und [Fig. 14B](#) gezeigt ist, der Tisch **20** zuerst nach oben bewegt und anschließend gedreht, so dass das Pulvermaterial vom Tisch **20** weggeblasen werden kann. Nach der Entfernung des Pulvermaterials vom Tisch **20** wird der Deckel **51** geöffnet. In [Fig. 14B](#) bezeichnet das Bezugszeichen **91** einen Antriebsmotor, und das Bezugszeichen **92** bezeichnet Zahnräder.

**[0062]** Da, wie oben erläutert wurde, Inertgas in die Kammer **5** gefüllt wird oder Rauch in der Kammer **5** verbleibt, ist es auch zu bevorzugen, dass die Vorrichtung eine Konstruktion hat, wie sie in [Fig. 15](#) gezeigt ist. Diese Vorrichtung umfasst eine Vakuumpumpe **81** zum Absaugen des in der Kammer **5** enthaltenen Atmosphärgases und einen Kompressor **82**, um Luft in die Kammer **5** einzuleiten und dadurch die Atmosphäre innerhalb der Kammer **5** zu reinigen und das Atmosphärgas durch Luft zu ersetzen. Gleichzeitig mit dieser Behandlung misst ein Teilchenzähler **85** die Menge des in der Kammer **5** zurückbleibenden Rauchs oder Staubs, und ein Sauerstoffsensord **87** misst den Sauerstoffgehalt in der Kammer **5**, so dass das dreidimensionale Objekt durch die Öffnung **52** hindurch entnommen werden kann, indem man den Deckel **51** öffnet, wenn die Menge des zurückbleibenden Rauchs und der Sauerstoffgehalt kleiner waren als die jeweiligen vorbestimmten Werte. In [Fig. 15](#) bezeichnet Bezugszeichen **83** eine Pumpe, um der Kammer **5** Inertgas (Stickstoffgas) zuzuführen, und Bezugszeichen C bezeichnet eine Steuereinheit zum Steuern des Betriebs der Vorrichtung. Die Steuereinheit C, an die der Teilchenzähler **85** und der Sauerstoffsensord **87** beide elektrisch angeschlossen sind, steuert auch die Pulverschichtbildungseinheit **2** und die Bestrahlungseinheit **3** und steuert weiterhin den Deckel **51** und die

Ventile **86**, die sich zwischen der Kammer **5** und den Pumpen **81**, **83** befinden, oder den Kompressor **82**, um sie zu öffnen und zu schließen.

**[0063]** Um die Entnahme des geformten Objekts durch einen Kran **8** zu erleichtern, werden während des Sinterns vorzugsweise Gewindebohrungen **88** für Aufhängebolzen in dem geformten Objekt, wie in [Fig. 16A](#) gezeigt ist, oder in einer Platte **29**, die sich zwischen dem geformten Objekt und dem Tisch **20** befindet, wie es in [Fig. 16B](#) gezeigt ist, ausgebildet. In diesem Fall wird zuerst eine Menge von Gewindebohrungen **88** in dem geformten Objekt oder der Platte **29** in vorbestimmten Positionen gebildet, das Pulvermaterial wird nach Beendigung der Formung entfernt, und dann werden die Gewinde ausgebildet. Dadurch kann das geformte Objekt mit dem Kran hochgehievt werden, wobei man zum Beispiel Drahtseile und Ringbolzen in die Gewindebohrungen schraubt.

**[0064]** Es sei hier angemerkt, dass die Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts in den oben beschriebenen Ausführungsformen zwar so beschrieben wurde, dass sie keine Bearbeitungseinrichtung aufweist, die verwendet wird, um eine Oberfläche eines geformten Objekts jedes Mal, wenn eine vorbestimmte Zahl von gesinterten Schichten **11** gebildet wurde, zu bearbeiten, doch ist die vorliegende Erfindung auch auf eine Vorrichtung anwendbar, die mit einer Bearbeitungseinrichtung ausgestattet ist.

**[0065]** Die Bearbeitungseinrichtung kann zum Beispiel aus einem Fräskopf **41** bestehen, der über einen XY-Antriebsmechanismus auf einer Basis der Pulverschichtbildungseinheit **2** montiert ist. Wenn in diesem Fall die Gesamtdicke der gesinterten Schichten **11** einen speziellen Wert erreicht, der zum Beispiel aus der Messerlänge des Fräskopfs bestimmt wurde, wird die Bearbeitungseinrichtung aktiviert, so dass sie die Oberfläche des Objekts, das bis dahin geformt wurde, schneidend bearbeitet. Die Bearbeitungseinrichtung kann eine Oberflächenschicht geringer Dichte, die durch die Haftung des Pulvers an der Oberfläche des geformten Objekts entstanden ist, entfernen und gleichzeitig einen Teil des Bereichs hoher Dichte im Innern ausschneiden und dadurch den Bereich hoher Dichte über die gesamte Oberfläche des geformten Objekts freilegen. Zum Beispiel kann ein Messer der Bearbeitungseinrichtung mit einem Durchmesser von 1 mm und einer effektiven Klingenslänge (Länge unter Kopf) von 3 mm eine Schneidtiefe von 3 mm erreichen, und wenn die Dicke  $\Delta t_1$  der Pulverschicht **10** = 0,05 mm beträgt, wird die Bearbeitungseinrichtung aktiviert, zum Beispiel, wenn sechzig gesinterte Schichten **11** gebildet wurden.

## Zusammenfassung

**[0066]** Eine Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts umfasst eine Pulverschichtbildungseinheit zur Bildung einer Pulverschicht **10** auf einem Tisch und eine Bestrahlungseinheit **3** zum Bestrahlen eines vorbestimmten Bereichs der Pulverschicht **10** mit einem optischen Strahl, so dass der vorbestimmte Bereich gesintert wird. Die Bestrahlungseinheit **3** ist in einer Position angeordnet, die sich nicht unmittelbar oberhalb eines Strahlungsbereichs befindet, so dass die Pulverschicht **10** schräg mit dem optischen Strahl bestrahlt wird. Da Rauch, der durch das Bestrahlen und Erhitzen der Pulverschicht mit dem optischen Strahl entsteht, nach oben in eine Position unmittelbar darüber aufsteigt, wird der optische Strahl aus einer Position, die sich nicht unmittelbar oberhalb eines Bestrahlungsbereichs befindet, eingestrahlt, so dass die Trübung der Bestrahlungseinheit, die durch den Rauch verursacht werden kann, reduziert wird.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts, umfassend:

einen Tisch;  
eine Pulverschichtbildungseinheit zur Bildung einer Pulverschicht auf dem Tisch; und  
eine Bestrahlungseinheit zum Bestrahlen eines vorbestimmten Bereichs der Pulverschicht mit einem optischen Strahl, so dass der vorbestimmte Bereich der Pulverschicht gesintert wird;  
wobei die Bestrahlungseinheit in einer Position angeordnet ist, die sich nicht unmittelbar oberhalb eines Bereichs der Bestrahlung mit dem optischen Strahl befindet, so dass die Pulverschicht schräg mit dem optischen Strahl bestrahlt wird.

2. Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts gemäß Anspruch 1, wobei die Bestrahlungseinheit eine Strahlformkorrekturereinheit zum Korrigieren der Form des optischen Strahls umfasst, so dass der Strahl auf einer zu bestrahlenden Oberfläche einen im Wesentlichen runden Lichtpunkt bildet.

3. Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts gemäß Anspruch 1 oder 2, die weiterhin eine lichtdurchlässige Rauchblockierungseinrichtung zum Blockieren von während des Sinterns erzeugtem Rauch umfasst, so dass dieser nicht hindurchtreten kann, wobei sich die Rauchblockierungseinrichtung zwischen dem Bestrahlungsbereich und einem Teil der Bestrahlungseinheit, von dem aus der optische Strahl emittiert wird, befindet.

4. Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts gemäß Anspruch 3, die weiterhin eine Rauchabfangeinheit umfasst, die sich unmittelbar

oberhalb des Bestrahlungsbereichs befindet, um den Rauch abzufangen.

5. Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts gemäß Anspruch 3, die weiterhin eine Kammer zum Unterbringen des Tisches und der Pulverschichtbildungseinheit sowie einen Deckel, um eine Öffnung, die in der Kammer an einer Stelle unmittelbar oberhalb des Bestrahlungsbereichs definiert ist, zu öffnen und zu schließen, umfasst, wobei das dreidimensionale Objekt nach Beendigung des Sinterns durch die Öffnung hindurch aus der Kammer entnommen wird.

6. Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts gemäß Anspruch 5, die weiterhin eine Luftzufuhreinheit zum Reinigen der Atmosphäre innerhalb der Kammer und zum Ersetzen des Atmosphärgases durch Luft, eine Sauerstoffgehalt-Messeinheit zum Messen des Sauerstoffgehalts innerhalb der Kammer, eine Rauchmesseinheit zum Messen der Menge des Rauchs, der in der Kammer zurückbleibt, und eine Steuereinheit zum Steuern der Luftzufuhreinheit, der Sauerstoffgehalt-Messeinheit und der Rauchmesseinheit umfasst.

7. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objekts, umfassend:  
Bilden einer Pulverschicht;  
Bestrahlen eines vorbestimmten Teils der Pulverschicht mit einem optischen Strahl unter Bildung einer gesinterten Schicht;  
Bilden einer neuen Pulverschicht auf einer Oberfläche der gesinterten Schicht;  
Bestrahlen eines vorbestimmten Teils der neuen Pulverschicht mit einem optischen Strahl unter Bildung einer neuen gesinterten Schicht, die mit der darunterliegenden gesinterten Schicht vereinigt ist; und  
Wiederholen der beiden zuletzt genannten Schritte unter Bildung des dreidimensionalen Objekts;  
wobei das Sintern durchgeführt wird, indem man den optischen Strahl aus einer Position, die sich nicht unmittelbar oberhalb eines Bestrahlungsbereichs befindet, schräg einstrahlt.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

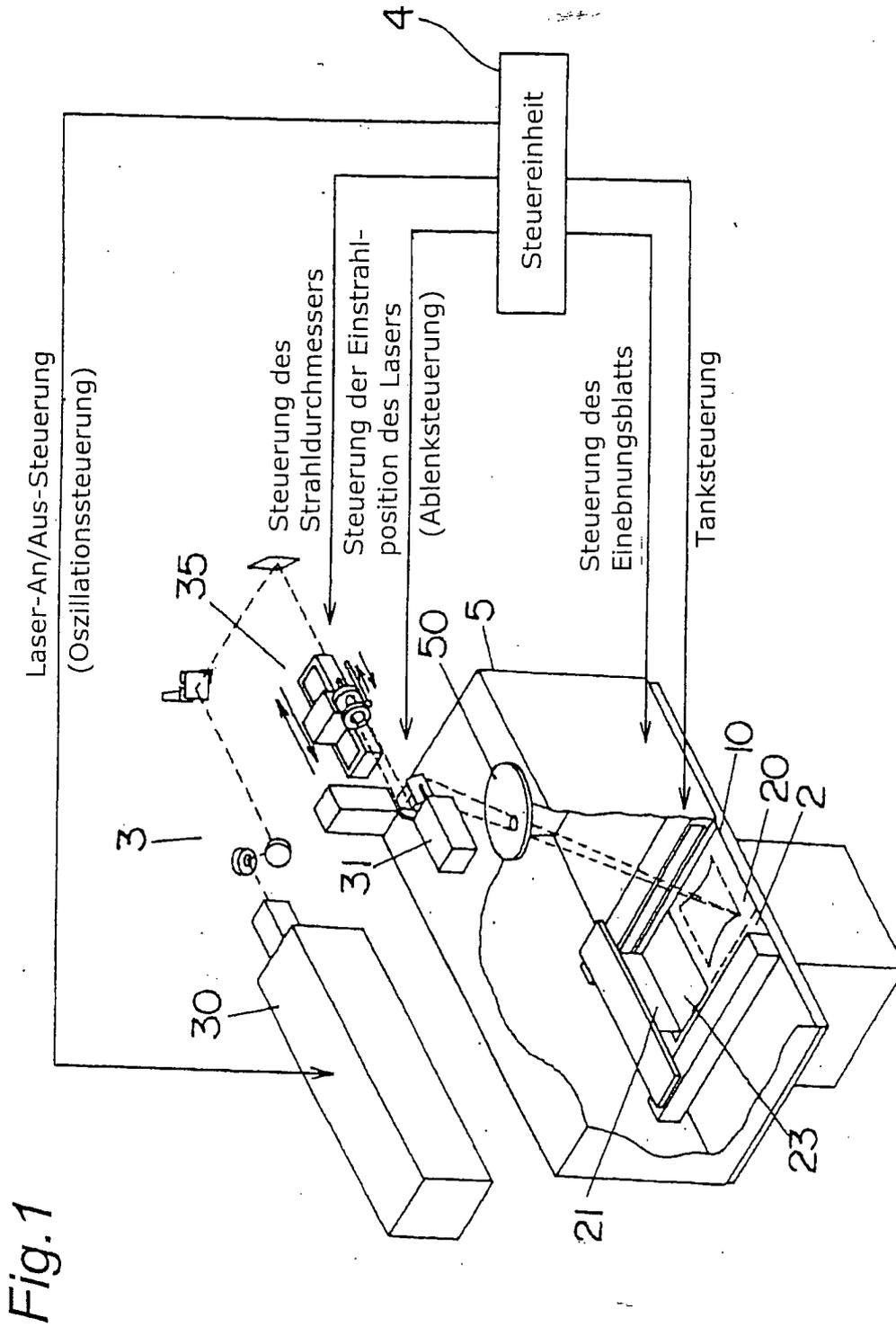


Fig. 2

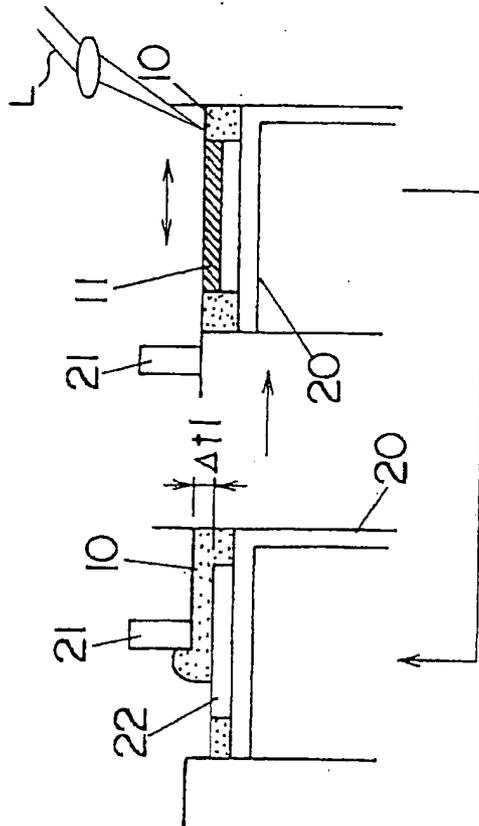


Fig.3

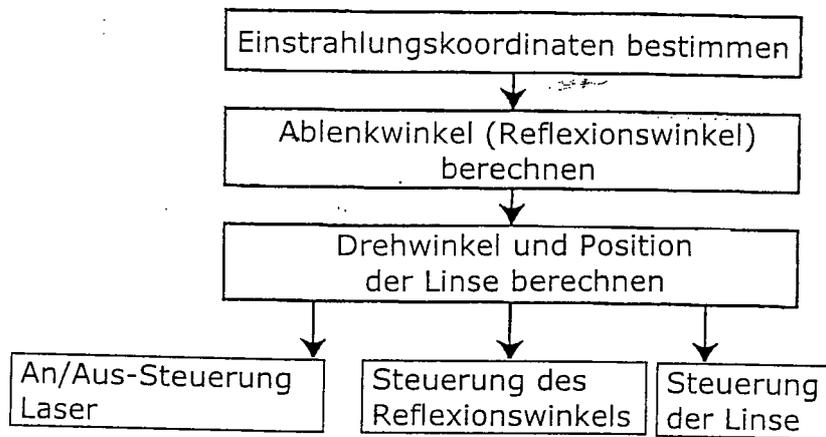


Fig.4

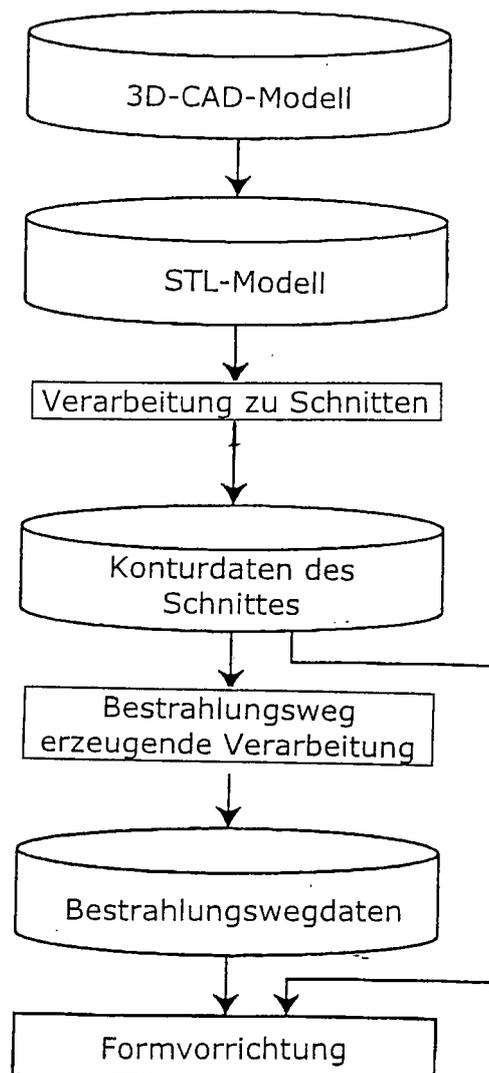


Fig.5

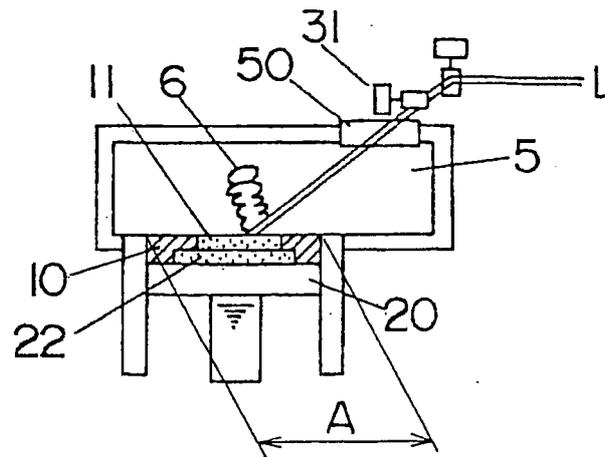
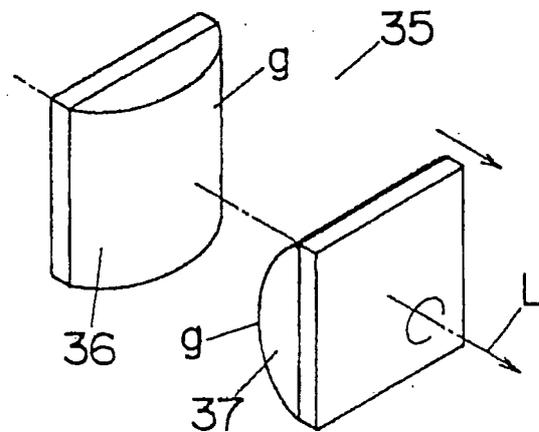
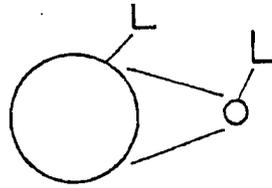


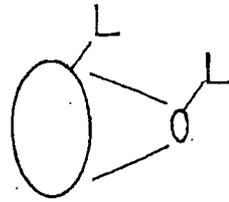
Fig.6



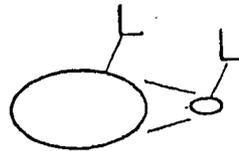
*Fig.7A*



*Fig.7B*



*Fig.7C*



*Fig.7D*

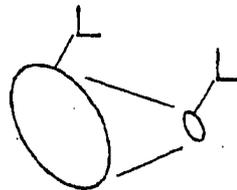


Fig.8A

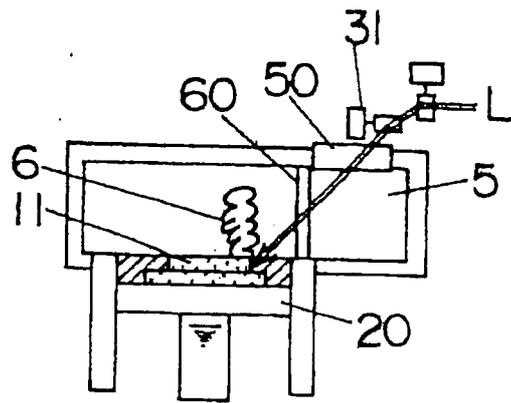


Fig.8B

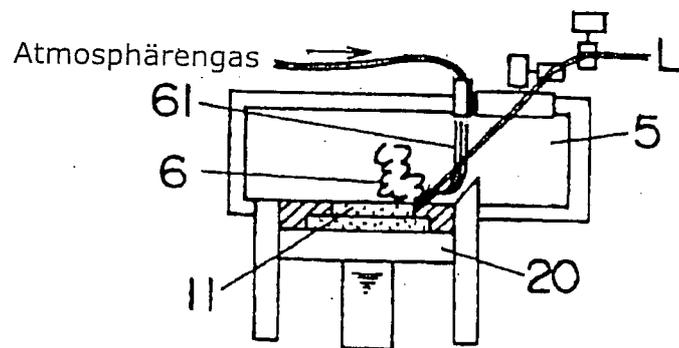


Fig.9

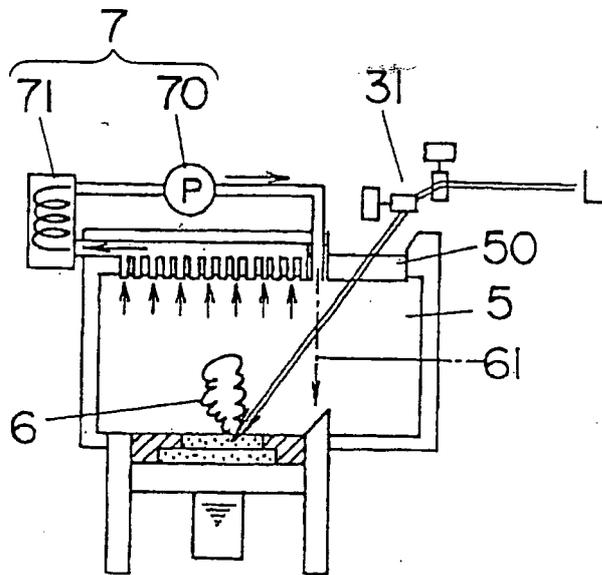


Fig.10

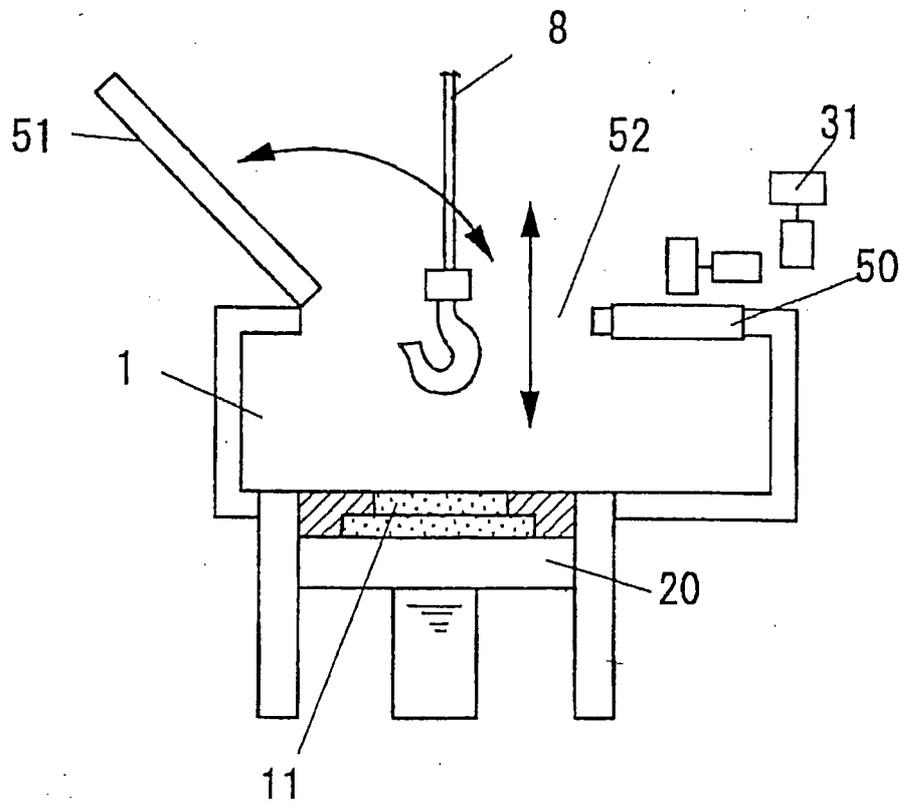


Fig.11A

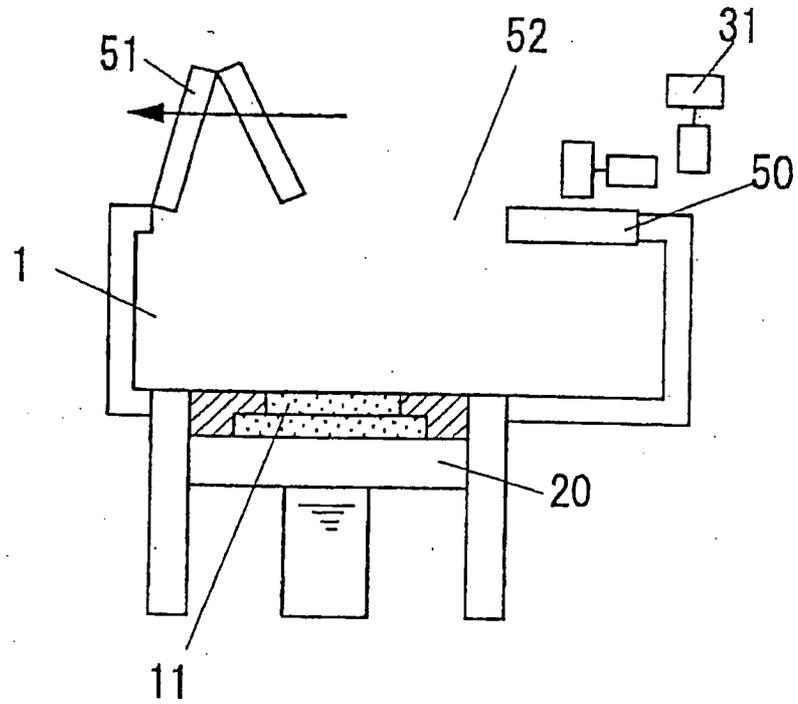


Fig.11B

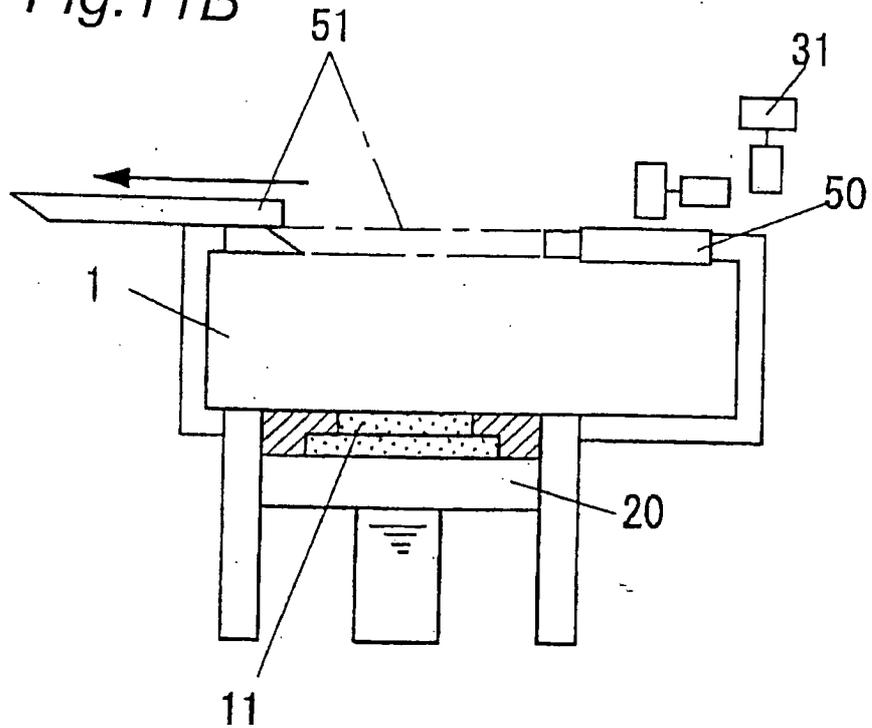


Fig.12

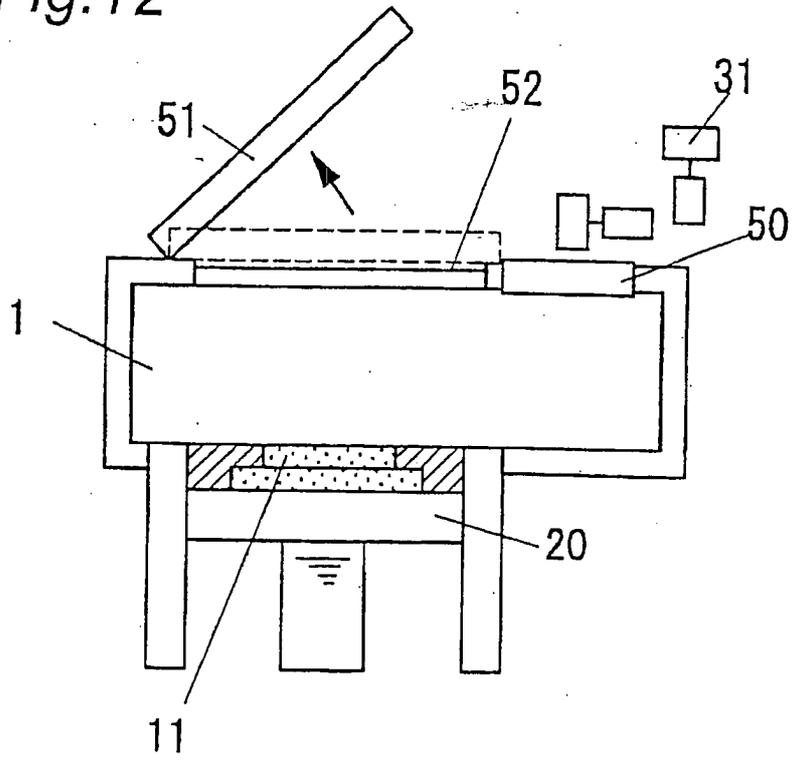


Fig.13

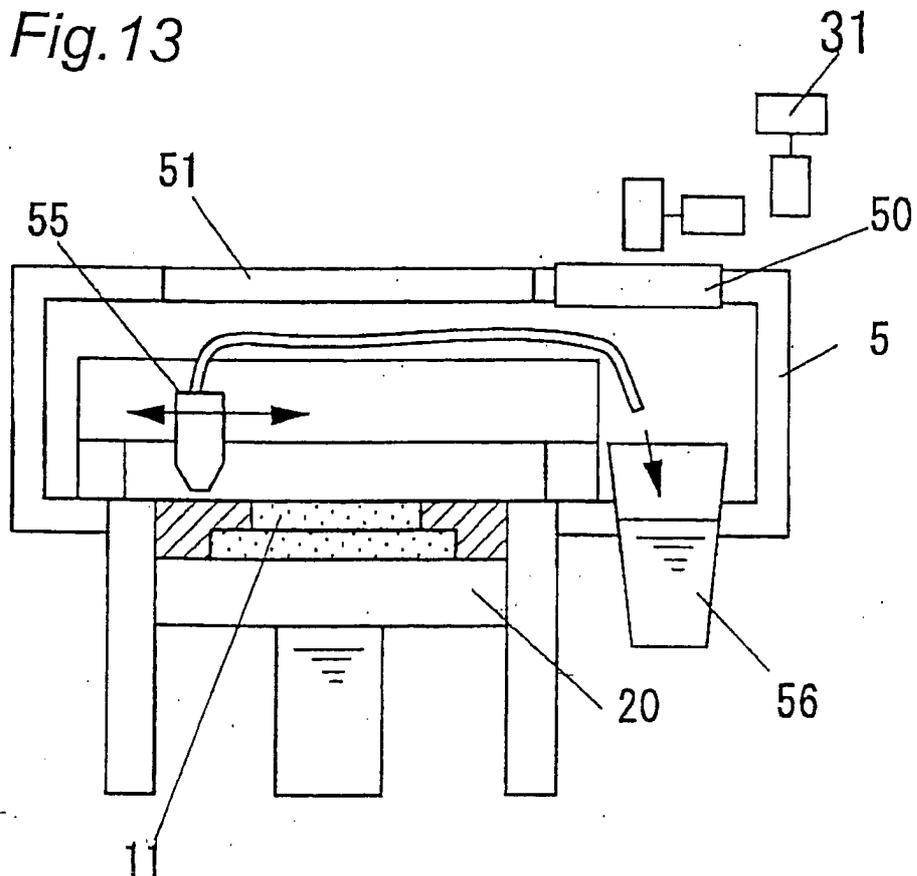


Fig. 14A

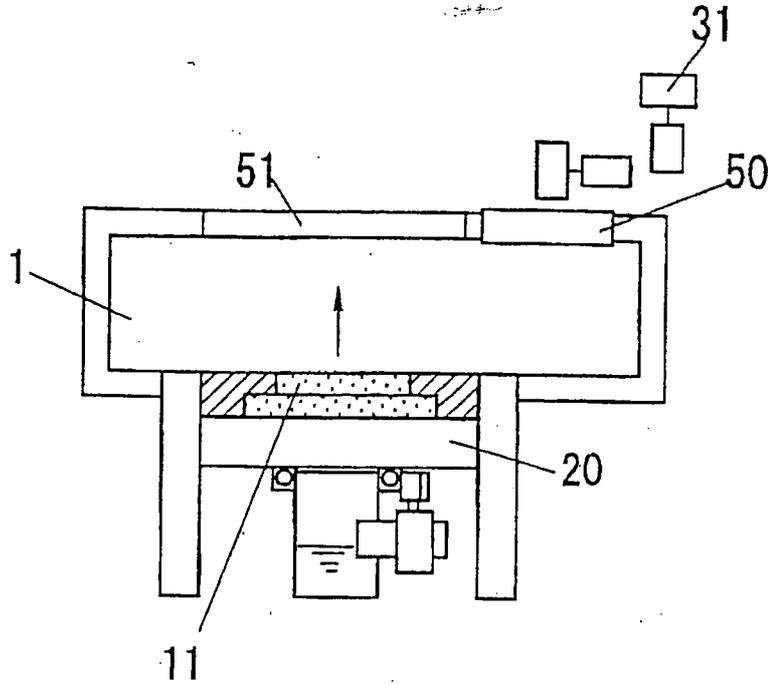


Fig. 14B

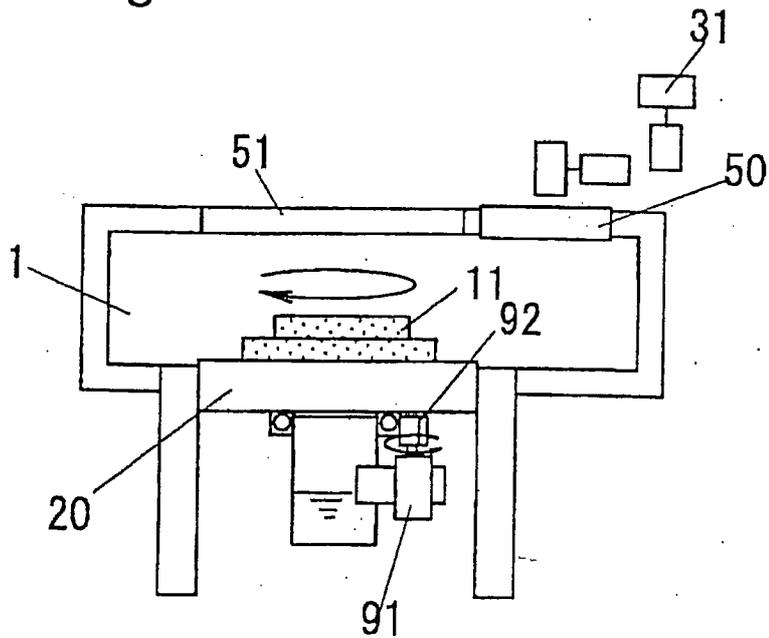


Fig.15

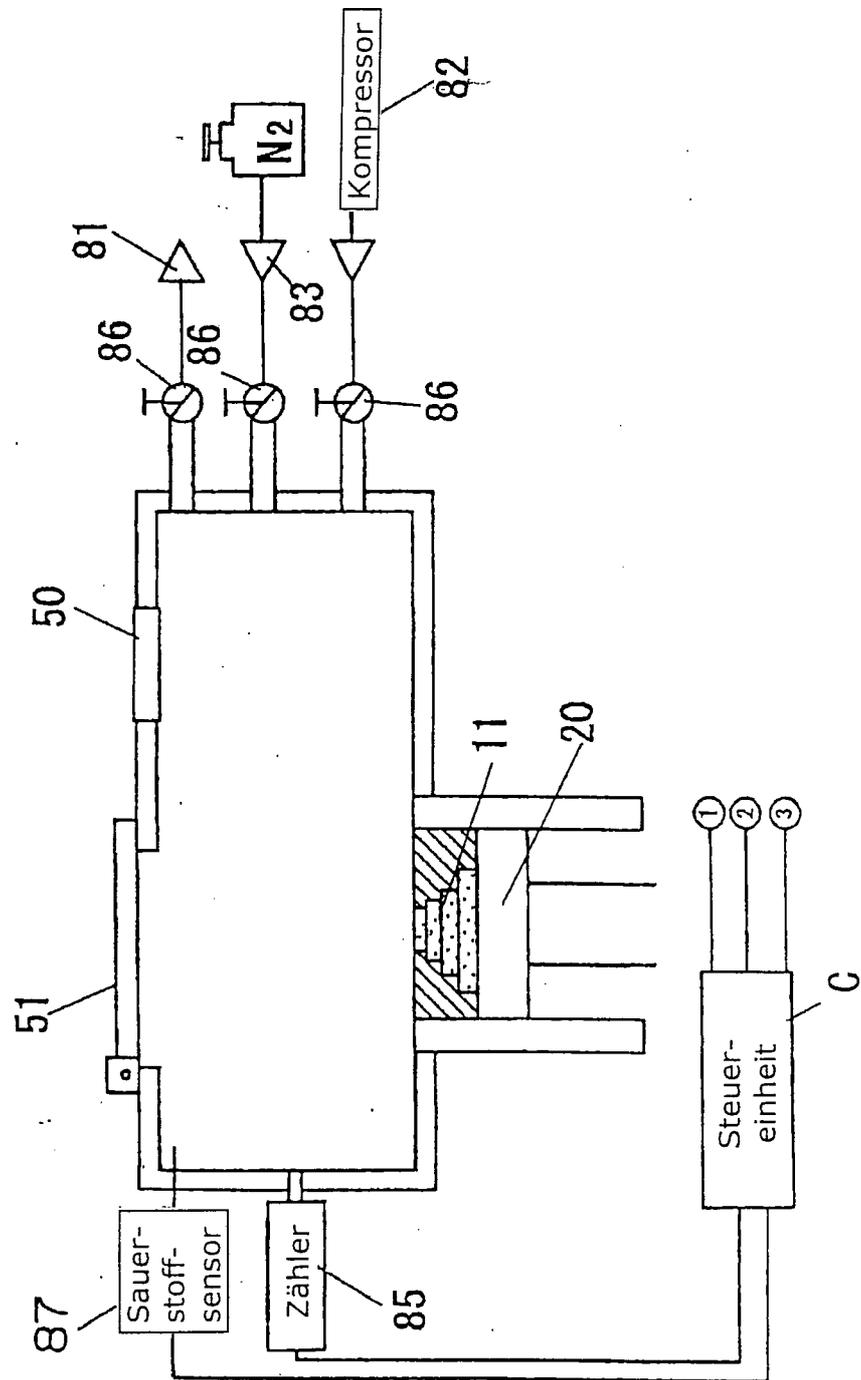


Fig.16A

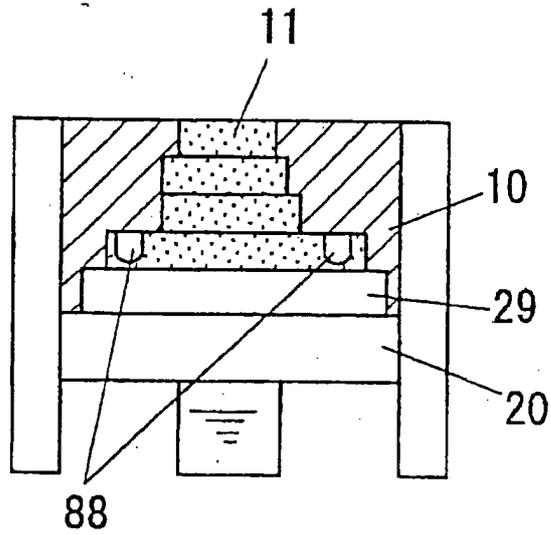


Fig.16B

