



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 014 694 B3** 2007.10.31

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 014 694.8**

(22) Anmeldetag: **28.03.2006**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **31.10.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B23K 26/14** (2006.01)

B23K 26/34 (2006.01)

B22F 3/105 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**EOS GmbH Electro Optical Systems, 82152
Krailling, DE**

(74) Vertreter:

PRÜFER & PARTNER GbR, 81479 München

(72) Erfinder:

**Perret, Hans, 81543 München, DE; Philippi,
Jochen, 81377 München, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 198 53 947 C1

WO 97/1 06 918 A1

JP 2002 192 374 A (abstract). DOKIDX [online]

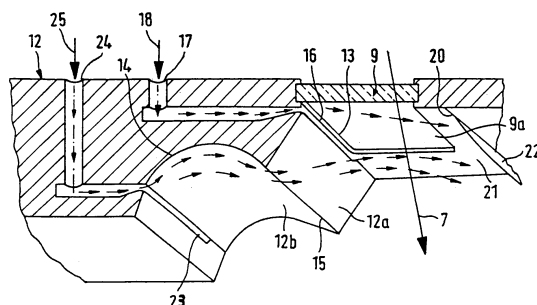
[recherchiert am 13.9.2006]. In: DEPATIS;

JP 11 267 876 A (abstract). DOKIDX [online]

[recherchiert am 13.9.2006]. In: DEPATIS;

(54) Bezeichnung: **Prozesskammer und Verfahren für die Bearbeitung eines Werkstoffs mit einem gerichteten Strahl elektromagnetischer Strahlung, insbesondere für eine Lasersintervorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Prozesskammer für eine Bearbeitung eines Werkstoffs mit einem gerichteten Strahl elektromagnetischer Strahlung bereitgestellt mit einem optischen Element (9) zum Einkoppeln des Strahls (7) in die Prozesskammer (10), wobei das optische Element eine dem Inneren der Prozesskammer zugewandte Oberfläche (9a) aufweist, einem das optische Element (9) umgebenden Wandabschnitt (12), einer ersten Einlassöffnung (16) für ein Gas, die an einer Seite des optischen Elements (9) angeordnet ist und so ausgebildet ist, dass ein austretender erster Gasstrom (18) im Wesentlichen tangential an der Oberfläche (9a) des optischen Elements (9) entlang streicht, einer zweiten Einlassöffnung (23) für ein Gas, die so ausgebildet und angeordnet ist, dass ein austretender zweiter Gasstrom (25) in einem Abstand zur Oberfläche (9a) in im Wesentlichen derselben Richtung wie der erste Gasstrom (18) fließt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Prozesskammer und ein Verfahren für die Bearbeitung eines Werkstoffs mit einem gerichteten Strahl elektromagnetischer Strahlung, insbesondere für eine Lasersintervorrichtung.

[0002] Eine Lasersintervorrichtung umfasst in bekannter Weise einen Laser und eine Prozesskammer in der das herzustellende Objekt aufgebaut wird, sowie ein Einkoppelfenster zum Einkoppeln des Laserstrahls in die Prozesskammer.

[0003] Bei dem lokalen Auftreffen des Lasers auf das Pulvermaterial sowie beim Aufheizen des Pulvermaterials kann es zum Verdampfen von geringen Mengen des Materials kommen, wobei sich das verdampfte Material oder Bestandteile desselben oder auch chemische Reaktionsprodukte sowie in der Atmosphäre der Prozesskammer schwebende Staubpartikel an dem Einkoppelfenster niederschlagen. Dies führt zu einer Verringerung der Transparenz des Einkoppelfensters und folglich zu einer Abnahme der Intensität des Laserstrahls.

[0004] Aus der WO 97/06918 ist eine Lasersintervorrichtung bekannt, bei der auf der der Prozesskammer zugewandten Seite des Einkoppelfensters eine das Einkoppelfenster ringförmig umgebende Düse zum Einführen eines Gases zum Freiblasen des Einkoppelfensters vorgesehen ist. Der Gasstrom verläuft tangential zur Oberfläche des Einkoppelfensters.

[0005] Bei der bekannten Vorrichtung bleibt die Oberfläche des Einkoppelfensters jedoch nicht an allen Stellen sauber. Ferner können Temperaturgradienten zwischen dem Einkoppelfenster und Freiblasungsgas einerseits und dem in der Prozesskammer befindlichen Gas andererseits zu störenden Strahlablenkungen führen. Um das zweite Problem zu mildern, kann das Freiblasungsgas einseitig eingeblasen werden. Dies führt jedoch zu schnellerer Schmutzablagerung auf der Oberseite des Einkoppelfensters.

[0006] Aus der DE 198 53 947 C1 ist eine Prozesskammer für das selektive Laserschmelzen bekannt, bei der über eine erste Einlassöffnung ein Schutzgas in die Prozesskammer eingeleitet wird, so dass es über die Bearbeitungsfläche strömt, und bei der zweite Einlassöffnungen für ein ringförmig zugeführtes zweites, leichteres Gas innerhalb eines erhöhten Bereiches der Prozesskammer vorgesehen ist, in dem sich das Einkoppelfenster befindet. Dadurch bildet sich innerhalb des erhöhten Bereiches eine Art Puffervolumen des zweiten leichteren Gases, durch das in der Bearbeitungszone entstehende Dämpfe vom Einkoppelfenster abgehalten werden. Das Problem

einer störenden Strahlablenkung aufgrund eines Temperaturgradienten wird dadurch jedoch nicht gelöst.

[0007] Aus der JP 2002192374 A ist ein Laserstrahlbearbeitungskopf bekannt. Der Laserstrahl wird durch eine Linse fokussiert, wobei an der Seite des optischen Pfades wenigstens zwei Düsenbasen angeordnet sind, die schlitzförmige Düsen aufweisen, welche Gas gegen den optischen Pfad des Laserstrahls blasen.

[0008] Aus der JP 11267876 A ist eine Laserbearbeitungsdüse bekannt. Der Laserstrahl wird durch ein optisches System bestehend aus Linsen fokussiert und auf ein Werkstück gerichtet. Ein Luftmesser wird zwischen das optische System und das Werkstück geleitet. Ferner wird ein Abschirmgas aus einem Abschirmgasausstoßausgang auf das Werkstück geleitet. Dadurch wird die Kontamination eines Schutzglases für das optische System reduziert.

[0009] Es ist Aufgabe der Erfindung eine Prozesskammer und ein Verfahren für eine Bearbeitung eines Werkstoffes mit einem gerichteten Strahl einer elektromagnetischen Strahlung, insbesondere für eine Lasersintervorrichtung bereitzustellen, bei der bzw. bei dem das Einkoppelfenster wirksam vor Verschmutzungen geschützt ist und wobei der das Problem einer Strahlablenkung aufgrund von Temperaturgradienten in der Nähe des Einkoppelfensters minimiert ist.

[0010] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Prozesskammer nach Patentanspruch 1 und ein Verfahren nach Anspruch 10. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0011] Die Vorrichtung nach Anspruch 1 weist den Vorteil auf, dass der untere Gasstrom von dem Einkoppelfenster weg gerichtet ist. Dadurch lässt sich die Trennung von schmutzbeladenem Gas, welches von der Bearbeitungsfläche aufsteigt, von dem Einkoppelfenster verbessern. Dadurch ist eine bessere Reinhaltung der optischen Oberfläche möglich. Ferner lassen sich Strahlablenkungen auch bei Bestehen von Temperaturgradienten zwischen Freiblasungsgas und Prozesskammergas weitgehend vermeiden.

[0012] Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren. Von den Figuren zeigen:

[0013] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer Lasersintervorrichtung; und

[0014] [Fig. 2](#) eine perspektivische geschnittene Darstellung eines Bereichs der Prozesskammer, der

das Einkoppelfenster enthält.

[0015] **Fig. 1** zeigt eine Lasersintervorrichtung als Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur schichtweisen Herstellung eines dreidimensionalen Objekts. Die Lasersintervorrichtung weist einen nach oben hin offenen Behälter **1** mit einem darin in vertikaler Richtung bewegbaren Träger **2** auf, der das zu bildende Objekt **3** trägt. Der Träger **2** wird in vertikaler Richtung so eingestellt, dass die jeweils zu verfestigende Schicht des Objekts in einer Arbeitsebene **4** liegt. Weiter ist eine Aufbringvorrichtung **5** zum Aufbringen des durch elektromagnetische Strahlung verfestigbaren pulverförmigen Aufbaumaterials vorgesehen. Die Vorrichtung weist ferner einen Laser **6** auf. Der durch den Laser **6** erzeugte Laserstrahl **7** wird durch eine Ablenkeinrichtung **8** auf ein Einkoppelfenster **9** gelenkt und von diesem in die Prozesskammer **10** hindurch gelassen und in einem vorbestimmten Punkt in der Arbeitsebene **4** fokussiert.

[0016] Das Einkoppelfenster **9** ist beispielsweise in der Deckwand der Prozesskammer **10** vorgesehen, wenn die Vorrichtung so angeordnet ist, dass der Laserstrahl von oben in die Prozesskammer eintritt und das Objekt **3** in vertikaler Richtung aufgebaut wird. Das Einkoppelfenster **9** ist aus einem für den Laserstrahl transparenten Material wie z.B. Glas oder einem transparenten Kunststoff gebildet. Die Prozesskammer **10** kann ferner einen nicht dargestellten Einlass für ein Gas zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Atmosphäre über der Arbeitsebene halten, beispielsweise ein Einlass für ein Inertgas wie z.B. Stickstoff.

[0017] Es ist ferner eine Steuereinheit **11** vorgesehen, über die die Bestandteile der Vorrichtung in koordinierter Weise zum Durchführen des Bauprozesses gesteuert werden.

[0018] **Fig. 2** zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der Prozesskammer **10** um das Einkoppelfenster **9** herum in geschnittener perspektivischer Ansicht. Das Einkoppelfenster **9** ist im gezeigten Ausführungsbeispiel als rechteckiges Fenster ausgebildet. Es kann selbst als optisches Element wie z.B. als Linse oder als Linsensystem zum Fokussieren des Laserstrahls in die Arbeitsebene ausgebildet sein. Es kann jedoch auch als für den Laserstrahl durchlässiges Schutzfenster zum Schutz eines dahinter liegenden optischen Elements ausgebildet sein.

[0019] Das Einkoppelfenster **9** ist in einem Wandabschnitt **12** der Deckwand so befestigt, dass es die Prozesskammer in dem oberen Bereich dicht abschließt. Es weist ferner eine der Arbeitsebene **4** zugewandte Oberfläche **9a** auf.

[0020] Wie aus **Fig. 2** ersichtlich ist, weist der Wandabschnitt **12** angrenzend an eine Längsseite **13**

des Einkoppelfensters einen ersten abgeschrägten Abschnitt **12a** auf, dessen schräge Oberfläche sich unter einem Winkel vom Einkoppelfenster **9** weg erstreckt. Angrenzend an den abgeschrägten Abschnitt **12a** ist ein im Wesentlichen hohlzylindrischer oder hohlzylinderabschnittsförmiger Abschnitt **12b** vorgesehen, dessen Zylinderachse sich parallel zur Längsseite **13** des Einkoppelfensters erstreckt. Der Scheitelpunkt **14** des Hohlzylinderabschnitts liegt vorzugsweise höher als die Kante **15** des abgeschrägten Abschnitts **12a**, sodass der zweite Wandabschnitt **12b** eine hohlkehlenartige Struktur aufweist. Die Abschnitte **12a**, **12b** erstrecken sich im Wesentlichen über die gesamte Längsseite **13** des Einkoppelfensters, oder etwas darüber hinaus.

[0021] An dem dem Einkoppelfenster **9** zugewandten Ende des abgeschrägten Bereichs **12a** des Wandabschnitts **12** ist ein erster Spalt **16** vorgesehen, der sich im Wesentlichen entlang der Längsseite **13** des Einkoppelfensters erstreckt und der mit einer ersten Einlassbohrung **17** für eine erste Gaszufuhr verbunden ist. Die Verbindung mit der ersten Gaszufuhr kann abschaltbar gestaltet sein, beispielsweise über ein Ventil. Der erste Spalt **16** weist eine Breite und eine Geometrie auf, die so bemessen ist, dass zugeführtes erstes Gas **18** im Wesentlichen tangential entlang der Oberfläche **9a** des Einkoppelfensters von der einen Längsseite **13** bis zur gegenüberliegenden Längsseite **20** entlangstreicht.

[0022] Der Wandabschnitt **12** der Prozesskammer weist ferner in dem dem ersten Spalt **16** gegenüberliegenden Bereich angrenzend an die gegenüberliegende Längsseite **20** des Einkoppelfensters einen ersten im Wesentlichen horizontalen Wandbereich **21** und einen daran angrenzenden abgeschrägten Bereich **22** auf. Dadurch wird es ermöglicht, dass das durch den ersten Spalt **16** einströmende erste Gas **18** im Wesentlichen tangential die gesamte Oberfläche **9a** des Einkoppelfenster überstreicht sowie anschließend durch die abgeschrägte Fläche **22** vom Einkoppelfenster weggeleitet wird.

[0023] In dem zweiten Wandabschnitt **12b** ist ein zweiter Spalt **23** vorgesehen, der sich parallel zu dem ersten Spalt **16** und im Wesentlichen über die gesamte Längsseite **13** des Einkoppelfensters oder darüber hinaus erstreckt. Der zweite Spalt **23** ist mit einer zweiten Einlassbohrung **24**, die mit einer Gaszufuhr für ein zweites Gas **25** verbunden ist, verbunden. Auch die zweite Gaszufuhr kann abschaltbar ausgeführt sein. Der zweite Spalt **23** ist in dem hohlzylinderabschnittsförmigen Wandabschnitt **12b** in einem vom Einkoppelfenster entfernten Bereich angeordnet, sodass das durch den Spalt **23** austretende Gas **25** zunächst in die durch den hohlzylinderförmigen Abschnitt gebildete Hohlkehle strömt. Der zweite Spalt **23** ist unterhalb des ersten Spalts **16** angeordnet, wenn sich das Einkoppelfenster **9** in vertikaler Rich-

tung über der Arbeitsebene **4** befindet.

[0024] Der Winkel unter dem der schräge Wandabschnitt **12a** zu dem hohlzylindrischen Abschnitt **12b** verläuft ist so gewählt, dass der Strahlweg nicht beschnitten wird.

[0025] In der Prozesskammer ist ferner eine nicht-dargestellte Öffnung zur Ableitung der Gasströme vorgesehen, die mit einem Absaugmechanismus verbunden sein kann.

[0026] Als erstes und zweites Gas kann Stickstoff verwendet werden. Es ist aber auch möglich je nach Anwendungsbereich andere Gase zu verwenden. Das erste und das zweite Gas können auch verschiedenen voneinander sein.

[0027] Die die kurzen Seiten des Einkoppelfensters begrenzenden Wandabschnitte der Prozesskammer können im Wesentlichen horizontal sein, sodass die mit Hilfe des ersten und des zweiten Spalts erzeugten Gasströmungen nicht durch Strukturen verwirbelt werden.

[0028] Optional ist eine Steuerung vorgesehen, die die Gasströme **18**, **25** voneinander abhängig oder unabhängig in Bezug auf die Durchflussmenge und/oder die Geschwindigkeit steuert.

[0029] Im Betrieb wird das dreidimensionale Objekt Schicht für Schicht durch Verfestigen des pulverförmigen Aufbaumaterials mit dem Laserstrahl erzeugt. Der erste Spalt **16** und der zweite Spalt **23** sind mit der Gaszufuhr verbunden, sodass Gas durch die Spalte **16**, **23** in die Prozesskammer einströmt. Das durch den ersten Spalt einströmende Gas **18** strömt tangential an der der Arbeitsebene zugewandten Oberfläche **9a** des Einkoppelfensters **9** entlang und wird auf der gegenüberliegenden Seite abgeleitet. Dadurch kann das Gas den Zutritt zur Oberfläche **9a** des Einkoppelfensters verhindern und dadurch die Oberfläche sauber halten.

[0030] Das durch den zweiten Spalt **23** einströmende zweite Gas **25** strömt aufgrund der Anordnung und Ausbildung des Spalts **23** im Wesentlichen an der Innenfläche des hohlzylinderförmigen Abschnitts **12b** entlang und erhält, wenn es sich auf die Kante **15** zwischen dem ersten abgeschrägten Abschnitt **12a** und dem hohlzylindrischen Abschnitt **12b** zu bewegt, einen Impuls nach unten in Richtung der Arbeitsebene. Nach Passieren der Kante **15** strömt das Gas in einem Abstand von der Oberfläche im Wesentlichen parallel zur Oberfläche **9a** entlang. Durch die hohlkehlenartige Ausbildung des Abschnitts **12b** wird der untere Gasstrom **25** auf Distanz zur Oberfläche des Einkoppelfensters gehalten. Dadurch werden zwei im wesentlichen laminare Ströme erhalten, die sich kaum miteinander vermischen. Im Ergebnis lässt sich

die Trennung von schmutzbeladenem Gas verbessern, indem das von der Arbeitsebene aufsteigende Gas, das Kondensate und/oder Staubpartikel oder andere Verunreinigungen enthält, von den Gasströmen abgehalten wird, an das optische Element vorzudringen. Ferner ist eine Strahlablenkung aufgrund eines Temperaturgradienten durch den unteren Gasstrom **25** deutlich reduziert. Damit wird sowohl die Oberfläche **9a** ausreichend sauber gehalten, als auch die Strahlablenkung minimiert.

[0031] Abwandlungen der Vorrichtung sind möglich. Das Einkoppelfenster muss nicht notwendigerweise rechteckig ausgebildet sein, sondern kann beispielsweise auch quadratisch, kreisförmig oder oval sein oder eine andere Form aufweisen. Die Wirkung ist jedoch verbessert, wenn die Spalte für die Gaszufuhr und die entsprechenden Seiten des Einkoppelfensters im Wesentlichen parallel verlaufen. Der erste Spalt **16** und der zweite Spalt **23** sind vorzugsweise etwas breiter als die Längsseite des Einkoppelfensters. Jedoch können sie auch kürzer sein, wobei dann jedoch das Einkoppelfenster an den Rändern nicht ausreichend von Gas überstrichen wird.

[0032] Die Formen der Wandabschnitte **12a** und **12b** können auch anders ausgebildet sein. Die abgeschrägte Fläche **12a** kann zum Beispiel auch in die Prozesskammer hinein gewölbt sein. Die hohlkehlenartige Fläche **12b** muss nicht unbedingt eine Zylinderabschnittsform haben, sondern es kann jede andere Form verwendet werden, die eine Hohlkehle für das Entlangströmen des Gases bildet.

[0033] Es ist auch denkbar, auf den hohlkehlenartigen Wandabschnitt **12b** zu verzichten und statt dessen den zweiten Spalt **23** so auszubilden, dass das austretende Gas einen Impuls vom Einkoppelfenster weg gerichtet erhält.

[0034] Die Erfindung ist auch anwendbar auf andere Vorrichtungen zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten, beispielsweise auf eine Laserschmelzvorrichtung, bei der das pulverförmige, zumeist metallische, Aufbaumaterial durch den Laser verschmolzen wird, sowie auf andere Bearbeitungsvorrichtungen, bei denen in einer Prozesskammer Gase oder Dämpfe auftreten, die ein Einkoppelfenster verschmutzen können.

Patentansprüche

1. Prozesskammer für eine Bearbeitung eines Werkstoffs mit einem gerichteten Strahl elektromagnetischer Strahlung mit einem optischen Element (**9**) zum Einkoppeln des Strahls (**7**) in die Prozesskammer (**10**), wobei das optische Element eine dem Inneren der Prozesskammer zugewandte Oberfläche (**9a**) aufweist, einem das optische Element (**9**) umgebenden

Wandabschnitt (12), einer ersten Einlassöffnung (16) für ein Gas, die an einer Seite des optischen Elements (9) angeordnet ist und so ausgebildet ist, dass ein austretender erster Gasstrom (18) im wesentlichen tangential an der Oberfläche (9a) des optischen Elements (9) entlang streicht, einer zweiten Einlassöffnung (23) für ein Gas, die so ausgebildet und angeordnet ist, dass ein austretender zweiter Gasstrom (25) in einem Abstand zur Oberfläche (9a) in im wesentlichen derselben Richtung wie der erste Gasstrom (18) fließt.

2. Prozesskammer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlassöffnungen (16, 23) untereinander angeordnet sind.

3. Prozeßkammer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Gasstrom (18) und der zweite Gasstrom (25) im wesentlichen laminar ausgebildet sind.

4. Prozesskammer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die eine oder beide Einlassöffnungen (16, 23) spaltförmig ausgebildet sind.

5. Prozesskammer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Wand (12) der Prozesskammer (10) einen Strukturabschnitt (12b) aufweist, der so ausgebildet und angeordnet ist, dass das durch die zweite Einlassöffnung (23) einströmende Gas einen Impuls erhält, der von der Oberfläche (9a) weggerichtet ist.

6. Prozesskammer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Wandabschnitt (12b) eine hohlkehlenartige Form aufweist.

7. Prozesskammer nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Einlassöffnung in Betriebstellung unterhalb der ersten Einlassöffnung angeordnet ist.

8. Prozesskammer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der gerichtete Strahl ein Laserstrahl ist.

9. Lasersintervorrichtung mit einem Laser (6) und einer Prozesskammer (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8.

10. Verfahren zur Bearbeitung eines Werkstoffs mit einem gerichteten Strahl elektromagnetischer Strahlung mit den Schritten:
Lenken eines gerichteten Strahls (7) elektromagnetischer Strahlung durch ein Einkoppelfenster (9) in eine Prozeßkammer (10), wobei das Einkoppelfenster eine dem Inneren der Prozeßkammer zugewandte Oberfläche (9a) aufweist;

Zuführen eines ersten Gasstroms (18) derart in die Prozeßkammer, dass der erste Gasstrom von einer Seite kommend im Wesentlichen tangential an der Oberfläche (9a) entlangstreicht; und
Zuführen eines zweiten Gasstroms (25) derart in die prozeßkammer, dass der zweite Gasstrom in einem Abstand zur Oberfläche (9a) in im wesentlichen derselben Richtung wie der erste Gasstrom (18) fließt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch einen Schritt des Bearbeitens des Werkstoffs mit dem Laserstrahl in der Prozeßkammer.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, bei dem eine Prozeßkammer nach einem der Ansprüche 1 bis 9 verwendet wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, bei dem es sich um das Lasersintervorverfahren handelt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

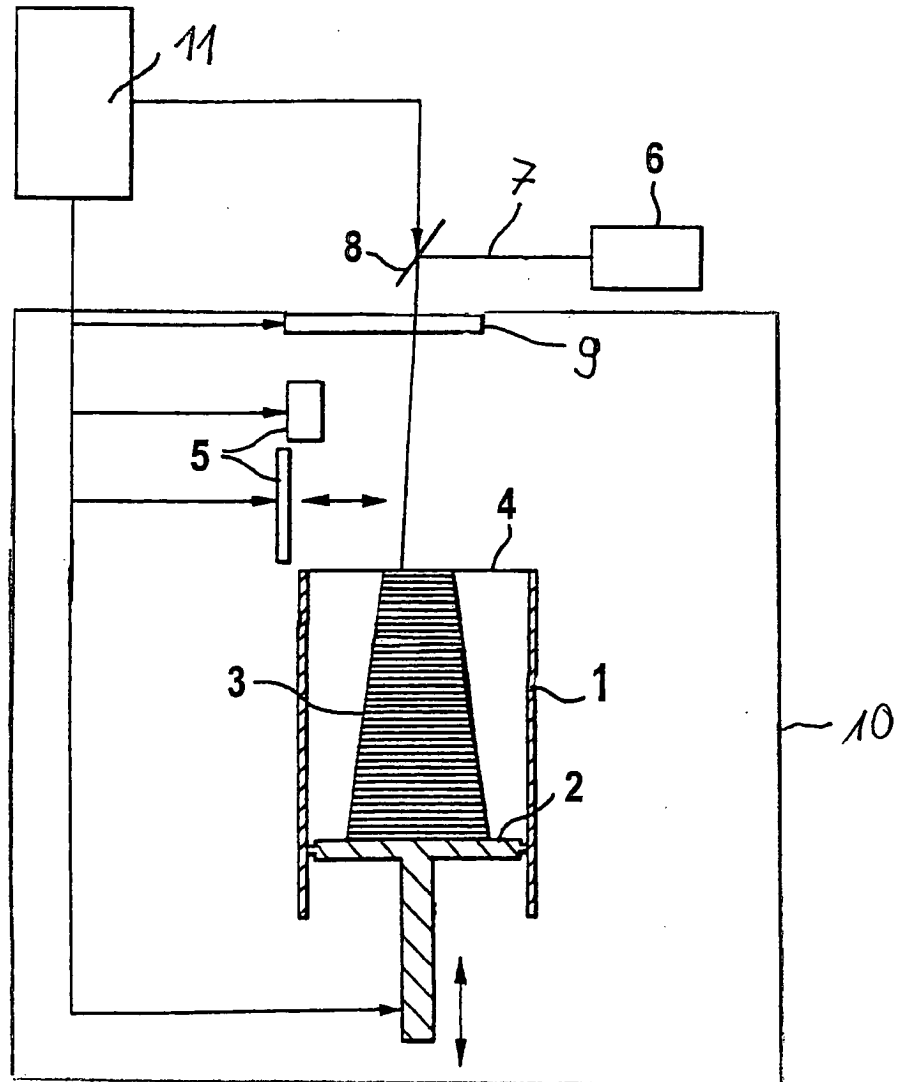


Fig. 1

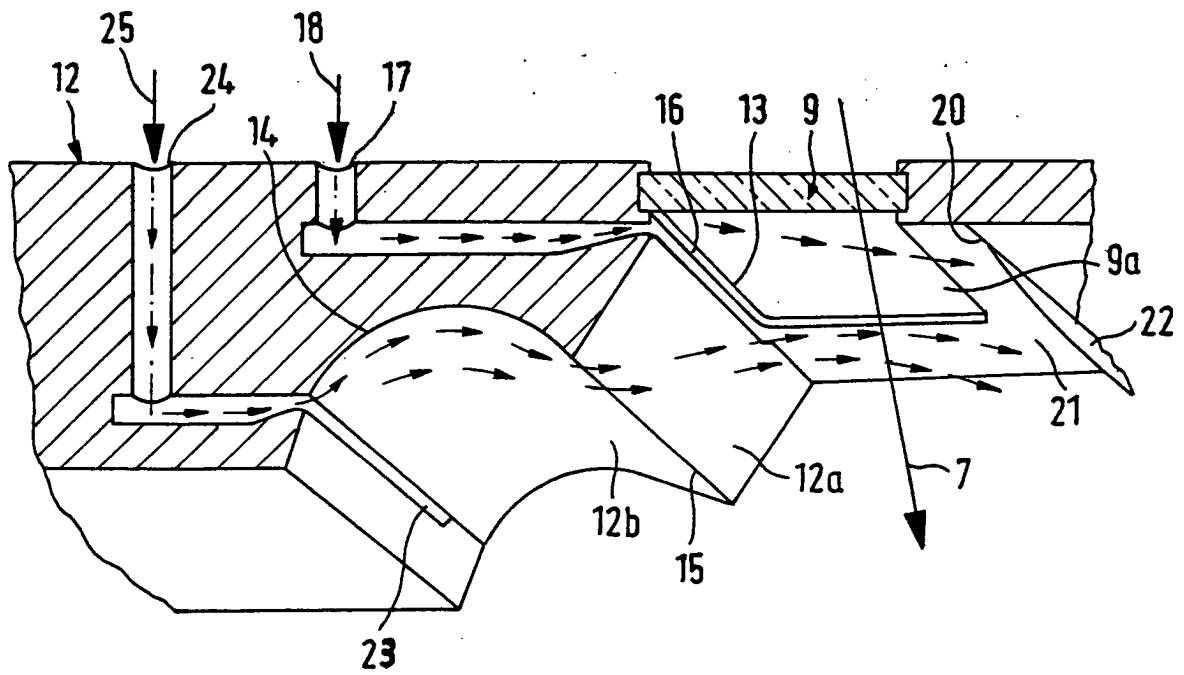


FIG. 2