



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 42 880 A1** 2005.04.14

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 42 880.1**
(22) Anmeldetag: **15.09.2003**
(43) Offenlegungstag: **14.04.2005**

(51) Int Cl.7: **B22F 3/105**

(71) Anmelder:
TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH + Co. KG,
71254 Ditzingen, DE

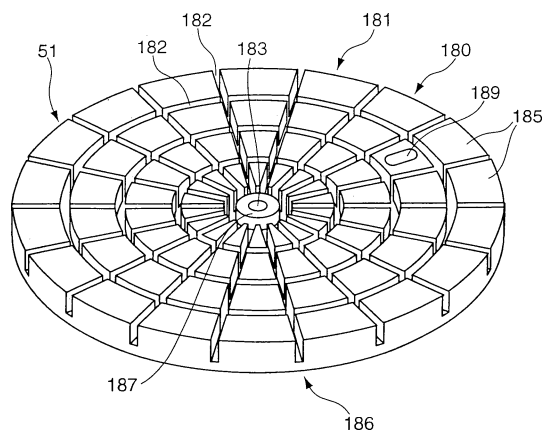
(72) Erfinder:
Braun, Stefan, 71272 Renningen, DE; Renz, Bernd
Hermann, Dr., 71672 Marbach, DE

(74) Vertreter:
Mammel & Maser, 71065 Sindelfingen

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Substratplatte**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Substratplatte zum Auftrag von zumindest einer Schicht eines Aufbaumaterials (57) zur Herstellung eines dreidimensionalen Formkörpers (52) durch aufeinanderfolgendes Verfestigen der Schichten eines pulverförmigen, mittels elektromagnetischer Strahlung oder Teilchenstrahlung verfestigbaren Aufbaumaterials (57) an den jeweiligen einem Querschnitt des Formkörpers (52) entsprechenden Stellen, welche zur Positionierung auf einem Träger (43) in einer Prozesskammer (21, 24) vorgesehen ist, wobei ein Aufnahmeabschnitt (186) vorgesehen ist, der auf einer Oberseite eine Aufnahmefläche (188) zur Aufnahme von Schichten aufweist, und ein Auflageabschnitt (181) vorgesehen ist, der auf einer Unterseite eine zum Träger weisende Auflagefläche (185) aufweist und zumindest eine Vertiefung (182) umfasst, die sich von der Auflagefläche (185) des Auflageabschnittes (181) zumindest in einer Richtung zum Aufnahmeabschnitt (186) erstreckt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Substratplatte zum Auftrag von zumindest einer ersten Schicht eines Aufbaumaterials zur Herstellung eines dreidimensionalen Formkörpers gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf generative Fertigungsverfahren, bei denen komplexe, dreidimensionale Bauteile schichtweise aus Werkstoffpulvern aufgebaut werden. Die Anwendungsfelder der Erfindung liegen neben dem Rapid Prototyping und den benachbarten Disziplinen Rapid Tooling und Rapid Manufacturing insbesondere im Bereich der Herstellung von Serienwerkzeugen und -funktionsteilen. Dazu gehören beispielsweise Spritzgusswerkzeuge mit oberflächennahen Kühlkanälen sowie Einzelteile und Kleinserien von Funktionsbauteilen für die Medizin, den Maschinenbau, Flugzeugbau und Automobilbau.

[0003] Zu den für die vorliegende Erfindung relevanten generativen Fertigungsverfahren zählen das Laserschmelzen, das beispielsweise aus der DE 196 49 865 C1 der Fraunhofer Gesellschaft bekannt ist, und das Lasersintern, das beispielsweise aus der US 4,863,538 der Universität von Texas bekannt ist.

[0004] Bei dem aus der DE 196 49 865 C1 bekannten Verfahren des Laserschmelzens werden die Bauteile aus handelsüblichen, einkomponentigen, metallischen Werkstoffpulvern ohne Bindemittel oder sonstige Zusatzkomponenten hergestellt. Dazu wird das Werkstoffpulver jeweils als dünne Schicht auf eine Bauplattform aufgebracht. Diese Pulverschicht wird lokal entsprechend der gewünschten Bauteilgeometrie mit einem Laserstrahl aufgeschmolzen. Die Energie des Laserstrahls wird so gewählt, dass das metallische Werkstoffpulver an der Auftreffstelle des Laserstrahls über eine gesamte Schichtdicke vollständig aufgeschmolzen wird. Gleichzeitig wird eine Schutzgasatmosphäre über der Wechselwirkungszone des Laserstrahls mit dem metallischen Werkstoffpulver aufrechterhalten, um Fehlstellen im Bauteil zu vermeiden, die beispielsweise durch Oxidation hervorgerufen werden können. Zur Durchführung des Verfahrens ist eine Vorrichtung bekannt, welche aus der Fig. 1 der DE 196 49 865 C1 hervorgeht.

[0005] Bei dem aus der US 4,863,538 bekannten Verfahren des Lasersinterns werden die Bauteile durch schichtweisen Aufbau aus speziell für das Lasersintern entwickelten Werkstoffpulvern hergestellt, die neben dem Grundwerkstoff eine oder mehrere Zusatzkomponenten enthalten. Die verschiedenen Pulverkomponenten unterscheiden sich hinsichtlich des Schmelzpunktes.

[0006] Beim Lasersintern wird das Werkstoffpulver

als dünne Schicht auf eine Bauplattform aufgebracht. Diese Pulverschicht wird lokal entsprechend der Geometriedaten des Bauteils mit einem Laserstrahl bestrahlt. Die niedrig-schmelzenden Komponenten des Werkstoffpulvers werden durch die eingestrahlte Laserenergie aufgeschmolzen, andere bleiben im festen Zustand. Die Befestigung der Schicht an der vorherigen Schicht erfolgt über die aufgeschmolzenen Pulverkomponenten, die beim Erstarren eine Verbindung herstellen. Nach dem Aufbau einer Schicht wird die Bauplattform um eine Schichtdicke abgesenkt und aus einem Vorratsbehälter wird eine neue Pulverschicht aufgebracht.

[0007] Während des Herstellens des Formkörpers wird zum schichtweisen Auftragen des Aufbaumaterials ein Träger in einer Prozesskammer schrittweise abgesenkt. Zur Minimierung thermischer Spannungen in dem herzustellenden Formkörper wird eine auf dem Träger angeordnete Substratplatte auf eine Temperatur von beispielsweise bis zu 500 °C erwärmt.

[0008] Durch den Wärmeleitwiderstand der Substratplatte und durch Wärmeverluste aufgrund von Strahlung und Konvektion entsteht über die Substratplattendicke ein Temperaturgradient. Dies bedeutet, dass die unmittelbar dem Träger zugewandte Unterseite der Substratplatte eine höhere Temperatur aufweist als die Oberseite. Dies hat zur Folge, dass eine stärkere Längenausdehnung der Unterseite der Substratplatte im Vergleich zur Oberseite gegeben ist. Im erwärmten Zustand bildet sich daher eine Krümmung über die Substratplatte, insbesondere bei runden Substratplatten in Form eines Hohlkugelsegmentes, aus. Die Substratplatte liegt dann im Wesentlichen nur noch an einem Punkt in der Mitte auf, und der Wärmeübergang vom Träger auf die Substratplatte ist vermindert und kann nicht mehr gewährleistet werden.

[0009] Sofern die Dicke der Substratplatte reduziert wird, um das Problem der Verformung zu lösen, wird zwar der absolute Temperaturunterschied zwischen der Oberseite und der Unterseite der Substratplatte geringer, der Temperaturgradient hingegen wird steiler. Dies hat zur Folge, dass die Verformung noch größer wird. Sofern die Dicke der Substratplatte erhöht wird, um das Problem der Verformung zu lösen, weist dies zwar den Vorteil auf, dass sich die dickere Substratplatte in geringerem Maß gegenüber einer dünnen Substratplatte aufwirft, jedoch überwiegt der Nachteil, dass die absolute Temperaturdifferenz zwischen der Oberseite und der Unterseite der Substratplatte wesentlich größer ist und dass eine sehr hohe Kraft erforderlich ist, um die Substratplatte in Kontakt mit dem Träger zu halten.

[0010] Deshalb liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Substratplatte zu schaffen, bei welcher

eine geringe Temperaturdifferenz zwischen der Unterseite und der Oberseite der Substratplatte gegeben ist und geringe Niederzugkräfte, insbesondere bei großflächigen Substratplatten, erforderlich sind, um die Substratplatte in Kontakt mit dem Träger zu halten.

[0011] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Zweckmäßige Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0012] Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Substratplatte, welche in einen zum Träger weisenden Auflageabschnitt und einen zur Aufnahme des schichtweise herzustellenden Formkörpers dienenden Aufnahmeabschnitt an der Oberseite der Substratplatte unterteilt ist, werden die Vorteile einer dicken und einer dünnen Substratplatte beibehalten und deren jeweilige Nachteile kompensiert. Der Auflageabschnitt umfasst zumindest eine Vertiefung, die sich von einer Auflagefläche des Auflageabschnittes zumindest in einer Richtung bis zum Aufnahmeabschnitt der Substratplatte erstreckt. Durch die zumindest eine Vertiefung im Auflageabschnitt wird die Temperaturverteilung in der Substratplatte nur geringfügig beeinflusst, so dass sich im Wesentlichen die Temperaturverteilung einer dicken Substratplatte einstellt. Dies ermöglicht, dass die thermischen Verformungen geringer werden. Die Biegesteifigkeit wird im Wesentlichen nur durch die Dicke des Aufnahmeabschnittes bestimmt. Die für die Biegesteifigkeit wirksame Dicke der Substratplatte wird somit durch den Abstand zwischen dem Grund der zumindest einen Vertiefung und der Aufnahmefläche an der Oberseite der Substratplatte bestimmt. Durch die zumindest eine Vertiefung werden deshalb geringere Haltekräfte oder Niederzugkräfte benötigt, um die thermisch induzierten Verformungen zu kompensieren. Gleichzeitig kann durch das Vorhandensein von wenigstens einer Vertiefung ein Aufwerfen der Substratplatte verhindert oder erheblich reduziert werden.

[0013] Die Substratplatte kann als solche auf dem Träger vorgesehen oder Teil eines vorgefertigten Rohlings sein, der ebenfalls in gleicher Weise wie die Substratplatte als solche auf dem Träger zur Herstellung eines dreidimensionalen Formkörpers beziehungsweise zur Fertigstellung eines dreidimensionalen Formkörpers angeordnet ist.

[0014] Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Substratplatte einen mit Vertiefungen ausgebildeten, zum Träger weisenden Auflageabschnitt und einen Aufnahmeabschnitt aufweist, wobei der Aufnahmeabschnitt in seiner Dicke kleiner als der Auflageabschnitt ausgebildet ist. Die Höhe der Vertiefungen bestimmt die Dicke des Auflageabschnittes. Durch die Vertiefungen wird der Auflageabschnitt unterbrochen und die wirksame

Dicke der gesamten Substratplatte ist im Hinblick auf die Biegesteifigkeit der Substratplatte auf die Dicke des Aufnahmeabschnittes reduziert, so dass die Niederzugkräfte gering sind. Gleichzeitig bildet der Auflageabschnitt zusammen mit dem Aufnahmeabschnitt in Teilbereichen eine dicke Substratplatte, so dass sich der Temperaturgradient verringert und eine geringe Verformung erzielt wird.

[0015] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass ein am Träger aufliegender Flächenanteil des Auflageabschnittes größer als der zum Träger weisende Flächenanteil der Vertiefungen ausgebildet ist. Dadurch ist ein hinreichender Wärmetransport des Trägers zum Aufnahmeabschnitt sichergestellt, um die Substratplatte oder einen Rohling auf Betriebstemperatur von beispielsweise 300 °C bis 500 °C aufzuheizen, so dass ein eigenspannungsarmer Aufbau des Formkörpers ermöglicht ist.

[0016] Die Vertiefungen sind vorteilhafterweise als rechteckförmige, halbkreisförmige, keilförmige, trapezförmige, kreissegmentförmige oder als mehreckförmige Querschnitte ausgebildet. Die Querschnittsgeometrie als auch die Größe und die Anzahl der Vertiefungen stehen in Abhängigkeit von einem für die Substratplatte verwendeten Werkstoff, den Abmessungen, der Bearbeitungstemperatur sowie von den Eigenschaften des Schutzgasstromes, wie beispielsweise Wärmeleitfähigkeit, Strömungsgeschwindigkeit und/oder Gastemperatur. Bevorzugt wird eine Geometrie für die Vertiefungen gewählt, welche durch eine Dreh- oder Fräsbearbeitung als auch durch Erodieren in den Auflageabschnitt der Substratplatte eingebracht wird.

[0017] Der Auflageabschnitt der Substratplatte weist vorteilhafterweise sternförmig zu dessen Mittelpunkt verlaufende, konzentrisch zu dessen Mittelpunkt angeordnete, geradlinig oder gekrümmt verlaufende, parallel zueinander verlaufende, sich kreuzende oder schachbrettförmig angeordnete Vertiefungen auf. Auch ist vorteilhafterweise eine beliebige Kombination der vorgenannten Anordnungsmöglichkeiten gegeben. Die Vertiefungen können entlang der Substratplatte in einer Ebene verlaufen oder in unterschiedlichen Höhen positioniert sein oder Höhengsprünge aufweisen. Bei der Fertigstellung von speziellen Rohlingen oder zur Herstellung von Formkörpern, welche eine von einer planen Auflagefläche abweichende Kontur erfordern, werden die Verläufe der Vertiefungen in der Höhe, der Größe, der Verlaufsform an die entsprechenden Konturen angepasst, um ein gleichmäßig verteiltes Wärmeausdehnungsverhalten über die gesamte Substratplatte zu erzielen.

[0018] Zur Positionierung und Lagefixierung der Substratplatte auf dem Träger ist bevorzugt eine Halteinrichtung vorgesehen, welche in einer Position

angeordnet ist, deren Lage unabhängig von Wärme-
dehnungen der Substratplatte aufrechterhalten
bleibt. Dadurch erfolgt eine gleichmäßige Wärme-
dehnung der Substratplatte beim Aufheizen auf die
Betriebstemperatur und Spannungen zwischen der
Substratplatte und dem Träger infolge ungleicher
Längenausdehnungen werden verringert oder ver-
hindert. Gleichzeitig wirken beim Abkühlen der Sub-
stratplatte nach dem Herstellen des Formkörpers
gleichgerichtete Kräfte zum Fixpunkt der Substrat-
platte, von dem aus bei Erwärmung die Längenaus-
dehnungen erfolgt sind.

[0019] Zur Ausrichtung und lagerichtigen Positionie-
rung der Substratplatte ist in dem Auflageabschnitt
ein Ausrichtelement vorgesehen, welches an einem
komplementär ausgebildeten Ausrichtelement des
Trägers angreift. Diese Ausrichtelemente können
beispielsweise als ein Positionierstift in einem Lang-
loch ausgebildet sein, wobei die Anordnung des
Langloches wahlweise an dem Träger oder dem Auf-
lageabschnitt vorgesehen ist. Vorteilhafterweise ist
das eine Ausrichtelement, welches beispielsweise
als langlochförmige Aussparung oder Vertiefung aus-
gebildet ist, zur Halteeinrichtung derart ausgerichtet,
dass eine Längenausdehnung des Auflageabschnittes
ungehindert erfolgt.

[0020] Die Halteeinrichtung ist nach einer bevorzugten
Ausführungsform der Erfindung im Flächen-
schwerpunkt der Substratplatte angeordnet. Dadurch
kann eine weitgehend homogene und gleichförmige
Wärmeausdehnung in alle Richtungen der Substrat-
platte erfolgen, und die Haltevorrichtung ist in einem
neutralen Fixpunkt angeordnet, der von der Wärme-
ausdehnung nicht verändert oder nahezu nicht ver-
ändert wird.

[0021] Die Halteeinrichtung ist bevorzugt als lösba-
re Verbindung ausgebildet, welche durch ein Rast-
oder Federelement auswechselbar zum Träger auf-
genommen ist. Dadurch wird ein schneller Austausch
der Substratplatte oder des fertiggestellten Rohlings
ermöglicht. Die Rüstzeiten für einen nachfolgenden
Aufbauprozess werden reduziert.

[0022] Die Haltevorrichtung weist vorteilhafterweise
einen Arretierbolzen auf, der in ein Passelement am
Träger einsetzbar ist. Das Feder- oder Rastelement
greift zur Fixierung der Halteeinrichtung an dem Ar-
retierbolzen an, wodurch ein Niederzug erzielt wird, um
den Auflageabschnitt zur Anlage auf dem Träger zu
bringen. Gleichzeitig erfolgt eine passgenaue Aus-
richtung der Substratplatte über eine an dem Arretier-
bolzen vorgesehene Passfläche, welche mit dem
Passelement zusammenwirkt.

[0023] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausfüh-
rungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass am äu-
ßeren Randbereich des Auflageabschnittes zumin-

dest ein Befestigungselement angreift, welches den
äußeren Randbereich des Auflageabschnittes zum
Träger niederhält. Diese Befestigungselemente sind
bevorzugt bei Substratplatten mit größeren Abmes-
sungen, insbesondere mit größerem Außendurch-
messer, vorgesehen, um eine Aufwerfung der Subst-
ratplatte zu unterbinden. Diese Befestigungselemen-
te können zusätzlich zur Halteeinrichtung vorgese-
hen sein, wobei beispielsweise bei runden Substrat-
platten die Halteeinrichtung im Mittelpunkt vorgese-
hen ist und die Befestigungselemente radial im äuße-
ren Randbereich über den Umfang verteilt angeord-
net sind. Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass
ausschließlich die Befestigungselemente im äußeren
Randbereich über den Umfang verteilt vorgesehen
sind, ohne dass eine Halteeinrichtung vorgesehen
ist.

[0024] Die Befestigungselemente sind bevorzugt
als Niederzuggewinde ausgebildet, welche von der
Oberseite der Substratplatte aus zugänglich sind.
Dadurch kann ein Zugriff von außen auf das Befesti-
gungselement gegeben sein, um die Substratplatte
zum Träger zu fixieren. Die Befestigungselemente ih-
rerseits sind innerhalb des Trägers positioniert. Vor-
teilhafterweise sind die Befestigungselemente so ge-
staltet, dass sie nach dem Anziehen zusammen mit
der Substratplatte einen vollständig geschlossenen
Aufnahmeabschnitt bilden.

[0025] Die Befestigungselemente sind bevorzugt in
dem Träger federgelagert gehalten. Somit wird der
Randbereich des Auflageabschnittes unter Feder-
kraft niedergehalten, um unabhängig von der Tempe-
ratur ein sicheres Anliegen des Auflageabschnittes
auf dem Träger zu ermöglichen. Gleichzeitig ist vor-
teilhafterweise ein radiales Spiel zur Aufnahme der
Befestigungselemente vorgesehen, so dass Wärme-
ausdehnungen im Träger und in der Substratplatte
ungehindert voneinander erfolgen können.

[0026] Zur Erhöhung des Automatisierungsgrades
ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass die Befesti-
gungselemente einen Schaft aufweisen, der den Trä-
ger durchquert und an einer Unterseite des Trägers
für eine Betätigungseinrichtung zugänglich ist. Da-
durch sind die Befestigungselemente durch Handha-
bungseinrichtungen betätigbar, wobei eine nur geringe
Einschränkung des Bauraumes gegeben ist.

[0027] Nach einer weiteren alternativen Ausgestal-
tung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Halteein-
richtung als Spannelement ausgebildet ist, welches
vorzugsweise eine Zugspannzange, eine Flügelstange,
einen Hohlkegelschaft oder eine Gewindestange
aufweist, die den Träger durchquert und auf einer Un-
terseite des Trägers über eine Betätigungseinrich-
tung zugänglich ist. Die Ausgestaltung einer Zug-
stangenanordnung weist den Vorteil auf, dass eine
definierte Spannkraft mit Selbsthemmung bei einem

Energieausfall aufgebracht wird. Eine gute Automatisierbarkeit ist gegeben. Die Ausführungsform mit einer Flügelstange weist des Weiteren den Vorteil auf, dass kein Verschleiß der Spannelemente gegeben ist. Die Ausgestaltung einer Halteeinrichtung nach dem Hohlkegelschaftprinzip weist den Vorteil auf, dass geringe fertigungstechnische Anforderungen an den Spannbolzen gegeben sind und eine Selbsthemmung vorliegt.

[0028] Nach einer weiteren alternativen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Befestigungselemente als Schnellspanneinrichtung, beispielsweise als Wendelnutspannelement ausgebildet sind, die vorzugsweise von der Oberseite der Substratplatte aus zugänglich sind. Durch diese Befestigungselemente kann der Spannweg begrenzt und eine definierte Spannkraft zum Niederhalten der Substratplatte zum Träger erzielt werden.

[0029] Die vorgenannten Ausführungsformen der Halteeinrichtungen und Befestigungselemente können einzeln oder in beliebiger Kombination miteinander vorgesehen sein, um die Substratplatte oder einen vorgefertigten Rohling zum Träger zu positionieren und fixieren.

[0030] Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen derselben werden im Folgenden anhand den in den Zeichnungen dargestellten Beispielen näher beschrieben und erläutert. Die der Beschreibung und den Zeichnungen zu entnehmenden Merkmale können einzeln für sich oder zu mehreren in beliebiger Kombination erfindungsgemäß angewandt werden. Es zeigen:

[0031] Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0032] Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung einer Prozesskammer in einer Bearbeitungsposition beim schichtweisen Aufbau eines Formkörpers,

[0033] Fig. 3 eine schematische Schnittdarstellung der Prozesskammer nach Fig. 2 nach dem schichtweisen Aufbau eines Formkörpers in einer Kühlposition,

[0034] Fig. 4 eine schematische Schnittdarstellung der Prozesskammer nach Fig. 2 nach dem schichtweisen Aufbau eines Formkörpers in einer Absaugposition,

[0035] Fig. 5a u. b eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Substratplatte,

[0036] Fig. 6a bis cc eine schematische Darstellung alternativer Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Substratplatte gemäß Fig. 5a und b,

[0037] Fig. 7a eine schematische Draufsicht auf eine erste Ausführungsform eines Trägers mit einer Substratplatte in einer Aufbaukammer,

[0038] Fig. 7b eine schematische Schnittdarstellung entlang der Linie I-I in Fig. 7a,

[0039] Fig. 7c eine schematische Schnittdarstellung entlang der Linie II-II in Fig. 7a,

[0040] Fig. 7d eine schematische Schnittdarstellung entlang der Linie III-III in Fig. 7a,

[0041] Fig. 7e eine schematische Draufsicht auf eine zweite Ausführungsform eines Trägers mit einer Substratplatte in einer Aufbaukammer,

[0042] Fig. 7f eine schematische Schnittdarstellung entlang der Linie I-I in Fig. 7e,

[0043] In Fig. 1 ist schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung **11** zur Herstellung eines dreidimensionalen Formkörpers durch aufeinanderfolgendes Verfestigen von Schichten eines pulverförmigen Aufbaumaterials dargestellt. Die Herstellung eines Formkörpers durch Laserschmelzen ist beispielsweise in der DE 196 49 865 C1 beschrieben. Die Vorrichtung **11** umfasst eine in einem Maschinengestell **14** angeordnete Strahlquelle **16** in Form eines Lasers, beispielsweise eines Festkörperlaser, welcher einen gerichteten Strahl abgibt. Dieser Strahl wird über eine Strahlableitvorrichtung **18**, beispielsweise in Form eines oder mehrerer ansteuerbarer Spiegel, als abgelenkter Strahl auf eine Arbeitsebene in einer Prozesskammer **21** fokussiert. Die Strahlableitvorrichtung **18** ist entlang einer Linearführung **22** zwischen einer ersten Prozesskammer **21** und einer weiteren Prozesskammer **24** motorisch verfahrbar angeordnet. Über Stellantriebe kann eine exakte Position der Strahlableitvorrichtung **18** zu den Prozesskammern **21**, **24** angefahren werden. In dem Maschinengestell **14** ist des Weiteren eine Steuer- und Recheneinheit **26** zum Betrieb der Vorrichtung **11** und zur Einstellung einzelner Parameter für die Arbeitsprozesse zur Herstellung der Formkörper vorgesehen.

[0044] Die erste Prozesskammer **21** und zumindest eine weitere Prozesskammer **24** sind getrennt zueinander angeordnet und hermetisch getrennt voneinander vorgesehen.

[0045] In Fig. 2 ist die Prozesskammer **21** beispielhaft im Vollquerschnitt dargestellt. Die Prozesskammer **21** umfasst ein Gehäuse **31** und ist durch eine Öffnung **32** zugänglich, welche durch wenigstens ein Verschlusselement **33** verschließbar ist. Das Verschlusselement **33** ist bevorzugt als schwenkbarer Deckel ausgebildet, der durch Verriegelungselemente **34**, wie beispielsweise Kniehebelelemente, in einer geschlossenen Position fixierbar ist. Zur Abdich-

tion der Prozesskammer **21** ist an dem Gehäuse **31** nahe der Öffnung **32** eine Dichtung **36** vorgesehen, die vorzugsweise als Elastomerdichtung ausgebildet ist. Das Verschlusselement **33** weist einen Bereich **37** auf, der für die elektromagnetische Strahlung des Laserstrahls durchlässig ist. Bevorzugt ist ein Fenster **38** aus Glas oder Quarzglas eingesetzt, welches Antireflexbeschichtungen an der Ober- und Unterseite aufweist. Das Verschlusselement **33** kann vorzugsweise wassergekühlt ausgebildet werden.

[0046] Die Prozesskammer **21** umfasst eine Bodenfläche **41**. In diese Bodenfläche **41** mündet von unten eine Aufbaukammer **42**, in welcher ein Träger **43** auf- und abbewegbar vorgesehen und geführt ist. Der Träger **43** umfasst zumindest eine Bodenplatte **44**, die über eine Hubstange oder Hubspindel **46** auf- und abbewegbar angetrieben ist. Hierzu ist ein Antrieb **47**, beispielsweise ein Zahnriemenantrieb, vorgesehen, welcher die feststehende Hubspindel **46** auf- und abbewegt. Die Bodenplatte **44** des Trägers **43** wird vorzugsweise zumindest während des schichtweisen Aufbaus durch ein fluides Medium gekühlt, welches vorzugsweise Kühlkanäle in der Bodenplatte **44** durchströmt. Zwischen der Bodenplatte **44** und der Bauplattform **49** des Trägers **43** ist eine Isolierschicht **48** aus einem mechanisch stabilen, thermisch isolierenden Material angeordnet. Dadurch kann eine Erwärmung der Hubspindel **46** durch die Heizung der Bauplattform **49** und eine damit einhergehende Beeinflussung der Positionierung des Trägers **43** verhindert werden.

[0047] Entlang der Bodenfläche **41** der Prozesskammer **21** verfährt eine Auftrag- und Nivelliereinrichtung **56**, welche ein Aufbaumaterial **57** in die Aufbaukammer **42** aufbringt. Durch selektives Aufschmelzen des Aufbaumaterials **57** wird eine Schicht auf den Formkörper **52** aufgebaut.

[0048] Das Aufbaumaterial **57** besteht bevorzugt aus Metall- oder Keramikpulver. Auch andere für das Laserschmelzen und Lasersintern geeignete und verwendete Werkstoffe werden eingesetzt. In Abhängigkeit des herzustellenden Formkörpers **52** werden die einzelnen Werkstoffpulver ausgewählt.

[0049] Die Prozesskammer **21** weist an einer Seite eine Einströmdüse **61** zur Zuführung von Schutzgas oder Inertgas auf. An einer gegenüberliegenden Seite ist eine Absaugdüse oder Absaugöffnung **62** vorgesehen, um das zugeführte Schutz- oder Inertgas abzuführen. Während der Herstellung des Formkörpers **52** wird eine laminare Strömung an Schutz- oder Inertgas erzeugt, um beim Aufschmelzen des Aufbaumaterials **57** eine Oxidation zu vermeiden und das Fenster **38** im Verschlusselement **33** zu schützen. Vorzugsweise wird die hermetisch abgeriegelte Prozesskammer **21** während des Aufbauprozesses unter einem Überdruck von beispielsweise 20 hPa

gehalten, wobei auch deutlich höhere Drücke denkbar sind. Dadurch kann während des Aufbauprozesses kein Luftsauerstoff in die Prozesskammer **21** eindringen. Bei der Umwälzung des Schutz- oder Inertgases kann gleichzeitig eine Kühlung erfolgen. Außerhalb der Prozesskammer **21** ist vorzugsweise eine Kühlung und Filtrierung des Schutz- oder Inertgases von aufgenommenen Partikeln des Aufbaumaterials **57** vorgesehen.

[0050] Die Aufbaukammer **42** ist bevorzugt zylindrisch ausgebildet. Weitere Geometrien können ebenfalls vorgesehen sein. Der Träger **43** oder zumindest Teile des Trägers **43** sind an die Geometrie der Aufbaukammer **42** angepasst. In der Aufbaukammer **42** wird der Träger **43** zum schichtweisen Aufbau gegenüber der Bodenfläche **41** nach unten bewegt. Die Höhe der Aufbaukammer **42** ist an die Aufbauhöhe beziehungsweise die maximal aufzubauende Höhe eines Formkörpers **52** angepasst.

[0051] Eine Umfangswand **83** der Aufbaukammer **42** schließt unmittelbar an die Bodenfläche **41** an und erstreckt sich nach unten, wobei diese Umfangswand **83** an der Bodenfläche **41** aufgehängt ist. In der Umfangswand **83** ist zumindest eine Einlassöffnung **112** vorgesehen. Diese Einlassöffnung **112** steht mit einer Zuführleitung **111** in Verbindung, welche ein Filter **126** außerhalb des Gehäuses **31** aufnimmt. Umgebungsluft wird über das Filter **126** und die Versorgungsleitung **111** durch die Einlassöffnung **112** der Aufbaukammer **42** zugeführt. Die Aufbaukammer **42** weist des Weiteren zumindest eine Auslassöffnung **113** in der Umfangswand **83** auf, an welche sich eine Abführleitung **114** anschließt, die aus dem Gehäuse **31** herausführt und in eine Abscheidevorrichtung **107** mündet. Dieser nachgeschaltet ist ein Filter **108**, welches über eine Verbindungsleitung **118** den aus der Aufbaukammer **42** abgeführten Volumenstrom abführt. Vorteilhafterweise ist vorgesehen, dass die Einlassöffnung **112** und die Auslassöffnung **113** miteinander fluchten. Ebenso können die Öffnungen **112**, **113** zueinander versetzt angeordnet sein, sowohl in Bezug auf die Höhe als auch deren Zuführposition in radialer Richtung beziehungsweise rechtwinklig zur Längsachse der Aufbaukammer **42**.

[0052] Die Bauplattform **49** setzt sich aus einer Heizplatte **136** und einer Kühlplatte **132** zusammen. In der Heizplatte **136** sind strichliniert Heizelemente **87** dargestellt. Des Weiteren umfasst die Heizplatte **136** einen nicht näher dargestellten Temperaturfühler. Die Heizelemente **87** und der Temperaturfühler stehen mit Versorgungsleitungen **91**, **92** in Verbindung, die wiederum durch die Hubspindel **46** zur Bauplattform **49** geführt sind. Am Außenumfang **93** der Bauplattform **49** ist eine umlaufende Nut **81** vorgesehen, in welcher ein oder mehrere Dichtringe **82** eingesetzt sind, dessen oder deren Durchmesser geringfügig veränderbar und an die Einbausituation und

Temperaturschwankungen anpassbar ist. Der oder die Dichtringe **82** liegen an einer Umfangswand **83** der Aufbaukammer **42** an. Dieser Dichtring **82** weist eine Oberflächenhärte auf, welche geringer ist als die der Umfangswand **83**. Die Umfangswand **83** weist vorteilhafterweise eine Oberflächenhärte auf, welche größer als die Härte des Aufbaumaterials **57** ist, welches für den Formkörper **52** vorgesehen ist. Dadurch kann sichergestellt werden, dass eine Beschädigung der Umfangswand **83** bei längerem Gebrauch verhindert wird und lediglich der Dichtring **82** als Verschleißteil entsprechend den Wartungsintervallen ausgetauscht werden muss. Vorteilhafterweise ist die Umfangswand **83** der Aufbaukammer **42** oberflächenbeschichtet, beispielsweise verchromt.

[0053] Die Bodenplatte **44** umfasst eine Wasserkühlung, welche zumindest während des Aufbaus des Formkörpers **52** in Betrieb ist. Über eine Kühlleitung **86**, welche durch die Hubspindel **46** der Bodenplatte **44** zugeführt ist, wird Kühlflüssigkeit den in der Bodenplatte **44** vorgesehenen Kühlkanälen zugeführt. Als Kühlmedium ist vorzugsweise Wasser vorgesehen. Durch die Kühlung kann die Bodenplatte **44** beispielsweise auf eine im wesentlichen konstante Temperatur von 20 °C bis 40 °C eingestellt werden.

[0054] Der Träger **43** weist zur Aufnahme eines Formkörpers **52** eine Substratplatte **51** auf, welche auf den Träger **43** fest oder lösbar durch eine Arretierung und/oder eine Ausrichthilfe positioniert ist. Die Heizplatte **136** wird vor Beginn der Herstellung eines Formkörpers **52** auf eine Betriebstemperatur zwischen 300 °C und 500 °C aufgeheizt, um einen spannungsarmen, rissfreien Aufbau des Formkörpers **52** zu ermöglichen. Der nicht näher dargestellte Temperaturfühler erfasst die Aufheiztemperatur oder Betriebstemperatur während des Aufbaus des Formkörpers **52**.

[0055] Die Bauplattform **49** weist Kühlkanäle **101** auf, welche sich bevorzugt quer durch die gesamte Bauplattform **49** erstrecken. Es können ein oder mehrere Kühlkanäle **101** vorgesehen sein. Die Position der Kühlkanäle **101** ist beispielsweise an die Isolierschicht **48** angrenzend gemäß dem Ausführungsbeispiel dargestellt. Alternativ kann vorgesehen sein, dass die Kühlkanäle **101** sich nicht nur unterhalb von Heizelementen **87**, sondern auch oberhalb und/oder zwischen den Heizelementen **87** erstrecken.

[0056] Nach dem Fertigstellen des Formkörpers **52** wird der Träger **43** aus der in **Fig. 2** dargestellten Position in eine erste Position oder Kühlposition **121** abgesenkt. Diese Position ist in **Fig. 3** dargestellt. Bereits während des Absenkens des Trägers **43** kann ein Volumenstrom aus der Umgebung über das Filter **126** und die Versorgungsleitung **111** der Aufbaukammer **42** zugeführt und über die Auslassöffnung **113** und Abführleitung **114** aus der Aufbaukammer **42** ab-

geführt werden. Bereits zu diesem Zeitpunkt als auch noch während des Aufbaus des Formkörpers **52** kann eine Kühlung der Aufbaukammer **42** gegeben sein.

[0057] Die Kühlposition **121** des Trägers **43** ist derart vorgesehen, dass Kühlkanäle **101** der Bauplattform **49** mit der zumindest einen Einlassöffnung **112** und zumindest einen Auslassöffnung **113** in der Umfangswand **83** der Aufbaukammer **42** fluchten. Der Volumenstrom durchströmt die Kühlkanäle **101**, wodurch zumindest eine Kühlung der Bauplattform **49** gegeben ist. Die Kühlung kann durch einen gepulsten Saugstrom erfolgen. Durch die Länge der Pulsdauer, sowie deren Unterbrechung, kann die Abkühlrate in dem Formkörper **52** bestimmt werden. Bevorzugt ist eine gleichmäßige Kühlung über eine vorbestimmte Zeitdauer vorgesehen, damit der Aufbau von Eigenspannungen im Formkörper **52** gering gehalten wird. Die Kühlung kann auch durch einen Volumenstrom vorgesehen sein, der in seiner Durchflussmenge kontinuierlich zunimmt oder abnimmt. Ebenso kann ein Wechsel zwischen Zu- und Abnahme vorgesehen sein, um die gewünschte Abkühlrate zu erzielen. Durch den in der Heizplatte **136** vorgesehenen Temperaturfühler kann die Abkühlrate erfasst werden. Gleichzeitig kann über diesen Temperaturfühler die noch verbleibende Temperatur des Formkörpers **52** abgeleitet werden. Diese Kühlposition **121** wird solange eingehalten, bis der Formkörper **52** auf eine Temperatur von beispielsweise weniger als 50 °C abgekühlt ist. Gleichzeitig kann in dieser Kühlposition **121** die Bodenplatte **44** weiterhin gekühlt werden. Zusätzlich kann ebenso vorgesehen sein, dass an die Umfangswand **83** der Aufbaukammer **42** angrenzend oder in der Umfangswand **83** der Aufbaukammer **42** Kühlkanäle oder Kühlschläuche vorgesehen sind, welche ebenfalls dazu beitragen, dass eine Kühlung der Aufbaukammer **42**, des Formkörpers **52** und des Trägers **43** ermöglicht ist.

[0058] Nach dem Kühlen des Formkörpers **52** auf die gewünschte oder voreingestellte Temperatur, wird der Träger **43** in eine weitere Position oder Absaugposition **128** überführt, welche in **Fig. 4** dargestellt ist. Diese beispielhaft dargestellte Absaugposition **128** dient zum Entfernen, insbesondere zur Absaugung des Aufbaumaterials **57**, welches beim Herstellen des Formkörpers **52** nicht verfestigt wurde. Vor dem Anlegen eines Saugstromes, der die Aufbaukammer **42** durchströmt, wird die Aufbaukammer **42** durch ein Verschlusselement **123** geschlossen. Dieses Verschlusselement **123** weist Befestigungselemente **124** auf, welche an oder in der Öffnung **32** angreifen, um das Verschlusselement **123** dicht zur Aufbaukammer **42** festzulegen. Das Verschlusselement **123** ist bevorzugt transparent ausgebildet, so dass das Absaugen von nicht verfestigtem Aufbaumaterial **57** überwacht werden kann. Durch einen die Aufbaukammer **42** durchströmenden Saugstrom wird

eine Verwirbelung in der Aufbaukammer **42** erzeugt, wodurch das nicht verfestigte Aufbaumaterial **57** abgesaugt und der Abscheidevorrichtung **107** und dem Filter **108** zugeführt wird. Gleichzeitig erfolgt durch die Absaugung weiterhin eine Kühlung der Aufbaukammer **42**, des Formkörpers **52** und der Bauplattform **49**. Zusätzlich kann über zumindest eine Düse in dem Verschlusselement **123** eine weitere Luftzufuhr ermöglicht sein.

[0059] Die Absaugung des Aufbaumaterials **57** kann durch einen konstanten Volumenstrom, einen gepulsten Volumenstrom oder einen Volumenstrom mit einem zunehmenden oder abnehmenden Massendurchsatz betrieben werden. Nach einer vorgegebenen Zeitdauer der Absaugung oder einer durch das Bedienpersonal einstellbaren Zeitdauer wird die Absaugung beendet.

[0060] Zur Entnahme des Formkörpers **52** wird das Verschlusselement **123** von der Aufbaukammer **42** abgenommen und der Träger **43** fährt in eine obere Position, so dass der Formkörper **52** zumindest teilweise oberhalb der Bodenfläche **41** der Prozesskammer **21** zur Entnahme positioniert wird.

[0061] In den **Fig. 5a** und **b** sind eine Draufsicht auf die Unterseite (**Fig. 5a**) und die Oberseite (**Fig. 5b**) einer erfindungsgemäßen Substratplatte **51** dargestellt. Die Substratplatte **51** ist gemäß dem Ausführungsbeispiel als runder plattenförmiger Körper ausgebildet. Die Geometrie der Substratplatte **51** kann an die Geometrie der Aufbaukammer **42** angepasst sein, so dass die Substratplatte **51** sich bis zur Umfangswand **83** der Aufbaukammer **42** erstreckt. Alternativ kann vorgesehen sein, dass die Geometrie der Substratplatte **51** der Geometrie des Formkörpers **52** entspricht und eine entsprechende Ergänzungsplatte vorgesehen ist, um die Bereiche von der Außenkontur der Substratplatte **51** bis zur Umfangswand **83** der Aufbaukammer **42** zu überbrücken.

[0062] Die Ansicht gemäß **Fig. 5a** zeigt eine Unterseite oder einen Auflageabschnitt **181** einer Substratplatte **51** mit einer Auflagefläche **185**, welche auf dem Träger **43** aufliegt. Der Auflageabschnitt **181** weist Vertiefungen **182** auf, die gemäß dem Ausführungsbeispiel durch rechteckförmig ausgebildete Nuten vorgesehen sind. Diese Vertiefungen **182** sind sternförmig zum Mittelpunkt **183** der Substratplatte **51** ausgerichtet. Des Weiteren sind konzentrisch zum Mittelpunkt **183** weitere Vertiefungen **182** vorgesehen, wodurch sich das in **Fig. 5a** dargestellte Muster ergibt und die Auflagefläche **185** bestimmt wird. Die sternförmig ausgerichteten und geradlinig verlaufenden Vertiefungen **182** sind vorteilhafterweise eingefräst. Die konzentrisch zum Mittelpunkt **183** verlaufenden Vertiefungen **182** sind bevorzugt durch Drehbearbeitung hergestellt. Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass derartige Ausgestaltungen eines

Auflageabschnittes **181** auch durch Gießen, Prägen, Pressen oder dergleichen hergestellt werden.

[0063] In dem Auflageabschnitt **181** ist ein Ausrichtelement **189** vorgesehen, welches in Form einer Langlochbohrung oder einer langlochförmigen Vertiefung ausgebildet ist. In diese Langlochbohrung greift ein komplementäres Ausrichtelement **147** ein, welches beispielsweise als Positionierstift ausgebildet ist. Die Ausrichtung des Ausrichtelementes **189** zum Mittelpunkt **183** ist derart vorgesehen, dass bei Erwärmung der Substratplatte **51** eine spannungsfreie Wärmeausdehnung ermöglicht ist. Im Mittelpunkt **183** ist eine Aufnahmebohrung **187** dargestellt, welche zur Aufnahme einer Halteeinrichtung **138** ausgebildet ist.

[0064] Die Ansicht gemäß **Fig. 5b** zeigt die Oberseite der erfindungsgemäßen Substratplatte nach **Fig. 5a**. Die Substratplatte **51** besteht neben dem Auflageabschnitt **181** aus einem Aufnahmeabschnitt **186** mit einer Aufnahmefläche **188**, die die Oberseite der Substratplatte **51** bildet, auf der der Formkörper **52** schichtweise aufgebaut wird. Der Auflageabschnitt **181** weist neben den Vertiefungen **182** Zonen **184** auf, die von den Vertiefungen **182** begrenzt sind. Im Bereich der Vertiefungen **182** bildet der Grund oder der Boden der Vertiefung **182** den Übergangsbereich zum Aufnahmeabschnitt **186**, der in **Fig. 5b** strichliniert dargestellt ist.

[0065] Die Tiefe der Vertiefungen **182** bestimmt die Dicke des Auflageabschnittes **181**, welcher im Bereich der Zonen **184** fließend in den Aufnahmeabschnitt **186** übergeht. Da die Dicke des Aufnahmeabschnittes **186** kleiner als die Dicke des Auflageabschnittes **181** ausgebildet ist, besteht die Substratplatte **51** aus einem dünnen und einem dicken plattenförmigen Körper. Die Temperaturverteilung im Auflageabschnitt **181** wird durch die Vertiefungen **182** nur geringfügig beeinflusst, so dass weiterhin die Temperaturverteilung einer dicken Substratplatte vorliegt und ein Aufwerfen der Substratplatte und thermische Verformungen erheblich reduziert werden. Die Vertiefungen **182** in dem Auflageabschnitt **181** reduzieren die für die Biegesteifigkeit wirksame Dicke auf die Dicke des Aufnahmeabschnittes **186**, so dass geringere Haltekräfte oder Niederzugkräfte benötigt werden, um die durch den Träger thermisch induzierten Verformungen zu kompensieren. Dadurch werden die erfindungsgemäßen Vorteile erzielt.

[0066] In **Fig. 6a** ist eine weitere alternative Ausführungsform eines Auflageabschnittes **181** der Substratplatte dargestellt. Diese Ausführungsform weist ausschließlich sternförmig zum Mittelpunkt **183** verlaufende Vertiefungen **182** auf. Die Anzahl der Vertiefungen **182** sowie deren Breite und deren Querschnittsverlauf ist an die Abmessungen der Substratplatte **51**, den Werkstoff der Substratplatte **51** als

auch die Bearbeitungstemperatur beim schichtweisen Aufbau eines Formkörpers angepasst.

[0067] In Fig. 6b ist eine weitere alternative Ausgestaltung eines Auflageabschnittes **181** dargestellt, bei der die Vertiefungen **182** ausschließlich konzentrisch zum Mittelpunkt **183** der Substratplatte vorgesehen sind. Auch diese Ausführungsform weist die Vorteile einer Kombination eines dünnen plattenförmigen Körpers und eines dicken plattenförmigen Körpers auf.

[0068] In Fig. 6c ist eine weitere alternative Ausführungsform eines Auflageabschnittes **181** einer Substratplatte **51** dargestellt. Geradlinig verlaufende und sich kreuzende Vertiefungen **182** bilden ein schachbrettförmiges Muster. Die geradlinig und parallel zueinander angeordneten Vertiefungen **182** können sich auch in beliebigen Winkeln zueinander schneiden. Vorteilhafterweise ist eine regelmäßige Anordnung der Vertiefungen **182** vorgesehen, um gleichmäßige Wärmeausdehnungen und Wärmeverteilungen zu erzielen. Diese regelmäßigen Anordnungen können insbesondere bei runden Substratplatten **51** punktsymmetrisch zum Mittelpunkt **183** ausgebildet sein.

[0069] Die Ausführungsformen gemäß den Fig. 5a, b, 6a bis c zeigen die Anordnung eines Ausrichtelementes **189** in den Zonen **184** zwischen den Vertiefungen **182**, so dass die Vertiefungen **182** einen freien Durchgang aufweisen.

[0070] In Fig. 7a ist eine schematische Draufsicht auf einen Träger **43** in einer Aufbaukammer **42** dargestellt. Die Aufbaukammer **42** ist in dem Gehäuse **31** der Prozesskammer **21**, **24** positioniert. Durch die in Fig. 7a dargestellten Schnitte wird der Aufbau des Trägers **43** sowie die Aufnahme und Anordnung der Substratplatte **51** am Träger **43** nachfolgend anhand der Fig. 7b bis 7d näher beschrieben.

[0071] Die erste bevorzugte Ausführungsform betrifft einen Träger **43**, der zur Aufnahme einer Substratplatte **51** vorgesehen ist, die im Durchmesser im Verhältnis zu der nachfolgenden Ausführungsform gemäß den Fig. 7e bis 7f kleiner ausgebildet ist. Der Schnitt gemäß Fig. 7b zeigt einen Träger **43** mit einer Bodenplatte **44**, welche auf einer Hubspindel **46** positioniert ist. Zur Verbindung zwischen der Bodenplatte **44** und der Hubspindel **46** ist ein Spannelement **50** vorgesehen, welches zwischen den beiden Elementen **44**, **46** positioniert ist. Die Bodenplatte **44** weist eine Wasserkühlung auf, welche zumindest während des Aufbaus des Formkörpers **52** in Betrieb ist. Diese Wasserkühlung ist beispielsweise durch eine Kühlwassernut **66** ausgebildet. Die Kühlwassernut **66** ist von außen eingestochen und wird durch ein Verschlusselement **67**, beispielsweise eine Hülse verschlossen, wobei zur Kühlwassernut **66** benachbart

jeweils ein Dichtungselement **68** vorgesehen ist, um eine dichte Anordnung des Verschlusselementes **67** zur Kühlwassernut **66** zu schaffen. Die Kühlwassernut **66** ist beispielsweise nicht vollumfänglich vorgesehen, sondern im Umfang unterbrochen, so dass ein gesteuertes Zuführen von Kühlflüssigkeit an einem Ende und ein gezieltes Abführen der aufgewärmten Kühlflüssigkeit am anderen Ende der Kühlwassernut **66** ermöglicht ist. Durch die Kühlung kann die Bodenplatte **44** während der Herstellung des Formkörpers beispielsweise auf eine im wesentlichen konstante Temperatur von 20 °C bis 40 °C eingestellt werden. Als Kühlmedium ist vorzugsweise Wasser vorgesehen, wobei jegliche weitere Kühlflüssigkeit, Kühlemulsion, Kühllöle oder dergleichen vorgesehen sein können.

[0072] Zwischen der Bodenplatte **44** und einer Bauplattform **49** ist eine Isolierschicht **48** vorgesehen. Diese Isolierschicht **48** weist vorteilhafterweise eine geringe Wärmeleitfähigkeit und eine hohe Druckfestigkeit auf und dient als thermische Trennung zwischen der Bauplattform **49** und der Bodenplatte **44**.

[0073] Die Bauplattform **49** umfasst eine Kühlplatte **132** und eine Heizplatte **136**, die durch eine Halteeinrichtung **138** miteinander verbunden sind. In eine zentrale Bohrung der Kühlplatte **132** ist ein Passelement **139** eingesetzt, welches am oberen Ende einen umlaufenden Bund **141** aufweist, um die Heizplatte **136** zur Kühlplatte **132** zu positionieren. Am unteren Ende des Passelementes **139** ist ein lösbares Befestigungsmittel **142** vorgesehen, durch welches das Passelement **139** beziehungsweise die Heizplatte **136** zur Kühlplatte **132** lösbar fixiert ist. In dem Passelement **139** ist in einer Bohrung ein Rast- oder Federelement **143** eingesetzt, welches durch eine Verschlussschraube **144** in dem Passelement **139** fixiert ist.

[0074] Durch diese Ausgestaltung des Passelementes **139** ist eine schnell auswechselbare Aufnahme für eine Substratplatte **51** geschaffen, welche einen Arretierbolzen **146** an deren Unterseite aufweist, der in die Bohrung des Passelementes **139** eingesetzt wird. In einer montierten Position gemäß Fig. 7b rastet das als Ringfeder ausgebildete Rast- und Federelement **143** an einer umlaufenden Vertiefung des Arretierbolzens **146** ein und fixiert die Substratplatte **51** eng anliegend zur Heizplatte **136**. Zur lagerichtigen Positionierung sowie als Verdrehsicherung für die Substratplatte **51** gegenüber der Heizplatte **136** kann ein Positionierstift **147** vorgesehen sein.

[0075] Die Bauplattform **49** ist zur Isolierung durch Zylinderstifte **70** ausgerichtet und lagerichtig positioniert. Zusätzlich sind Durchgänge **151** vorgesehen, über die Versorgungsleitungen **91**, **92** durch die Hubspindel **46** der Heizplatte **136** zugeführt und von die-

ser wiederum abgeführt werden können. Die Heizplatte **136** umfasst Heizelemente **87**, beispielsweise Rohrheizkörper, welche in den Ausnehmungen **152** angeordnet sind. Alternativ können auch Heizdrähte oder weitere Heizmedien vorgesehen sein, welche ermöglichen, dass die Heizplatte **136** während des Aufbaus des Formkörpers **52** auf eine Temperatur von beispielsweise 300 °C bis 500 °C aufgeheizt werden kann, um einen spannungsarmen, rissfreien Aufbau des Formkörpers **52** zu ermöglichen.

[0076] Die Heizplatte **136** weist angrenzend zur Kühlplatte **132** am Außenumfang **93** eine Dichtung **82** auf, welche in einer Nut **81** vorgesehen ist. Im oberen Bereich sind beispielsweise zwei Dichtungen **82** vorgesehen, welche durch Ringfedern unterlegt sind. Des Weiteren können alternativ andere Dichtungselemente **82** vorgesehen sein, welchen den Träger **43** in der Aufbaukammer **42** führen. An eine obere Stirnfläche **96** der Heizplatte **136** angrenzend oder unmittelbar darunterliegend ist ein Abstreiferelement **97** vorgesehen, welches bevorzugt aus einem Filzring ausgebildet ist. Durch diese Ausgestaltung wird ermöglicht, dass trotz der unterschiedlichen Ausdehnungen der Heizplatte **136** und der Umfangswand **83** der Aufbaukammer **42** eine dichte Anordnung geschaffen ist. Zusätzlich kann durch das oder die Abstreiferelemente **97** ein Eindringen des Aufbaumaterials **57** zwischen dem Träger **43** und der Umfangswand **83** der Aufbaukammer **42** verhindert werden.

[0077] In der Kühlplatte **132** sind Kühlkanäle **101** vorgesehen, welche die Kühlplatte **132** vollständig durchdringen. Beispielsweise sind zwei Kühlkanäle **101** mit einem quadratischen oder rechteckförmigen Querschnitt vorgesehen, welche parallel zueinander verlaufen und auch kreuzweise zueinander vorgesehen sind. Die Ausgestaltung und Anordnung der Kühlkanäle **101** ist beliebig. Es können mehrere Kühlkanäle **101** vorgesehen sein, welche kreuzweise zueinander angeordnet sein können. Es können ebenso ein oder mehrere Kühlkanäle **101** vorgesehen sein, welche in gleichmäßigen oder ungleichmäßigen Winkelabschnitten über den Umfang verteilt sind und eine Art speichenförmige Ausgestaltung bilden. Die Anzahl, Geometrie, Größe des Querschnitts sowie der Strömungsweg der Kühlkanäle **101** ist an die eingesetzte Kühlung sowie deren Anschlüsse, welche an der Aufbaukammer **42** vorgesehen sind, angepasst.

[0078] In **Fig. 7c** ist eine schematische Schnittdarstellung entlang der Linie II-II in **Fig. 7a** dargestellt. Aus dieser Schnittdarstellung geht beispielhaft eine Befestigung durch Verschraubung **156** der Kühlplatte **132** unter Zwischenschaltung der Isolierschicht **48** hervor. Ein Befestigungselement **160** nimmt ein Längenausgleichselement **166** auf, so dass durch Temperaturänderungen hervorgerufene Längenänderun-

gen und somit auftretende Spannungen ausgeglichen werden können. Somit ist der schichtweise Aufbau des Trägers **43**, der gemäß dieser Ausführungsform eine Bodenplatte **44**, eine Isolierschicht **48**, eine Kühlplatte **132** sowie eine Heizplatte **136** umfasst, durch lösbare Schraubverbindungen aufgebaut und zueinander positioniert. Durch beispielsweise die Zylinderstifte **70** (**Fig. 7b**) erfolgt eine lagerichtige Ausrichtung. Die Zylinderstifte **70** durchqueren die Isolierschicht **48** vollständig, so dass die Kühlplatte **132** eine bestimmte Ausrichtung zur Bodenplatte **44** aufweist.

[0079] In **Fig. 7d** ist eine weitere schematische Schnittdarstellung entlang der Linie III-III gemäß **Fig. 7a** dargestellt. Aus dieser Schnittdarstellung geht die Anordnung von Temperaturfühlern **88** hervor, welche innerhalb der Kühlplatte **132** nahe der Heizplatte **136** beziehungsweise im Übergangsbereich positioniert sind. Diese Temperaturfühler **88** erfassen die Aufheiztemperatur oder Betriebstemperatur während des Aufbaus des Formkörpers **52**. Ebenso kann durch diese Temperaturfühler **88** eine Abkühlung der Heizplatte **136** durch die Kühlung der Kühlplatte **132** über die Kühlkanäle **101** erfasst werden. Daraus lässt sich die Abkühlgeschwindigkeit beziehungsweise die Abkühlrate für den fertiggestellten Formkörper **52** bestimmen und kontrollieren. Die Anordnung der Temperaturfühler **88** ist nur beispielhaft. Deren Versorgungsleitungen **92** werden in Analogie zu den Versorgungsleitungen **91** der Heizelemente **87** über die Hubspindel **46** zu- und abgeführt. Ein Anschluss **157** für die Temperaturfühler ist in **Fig. 7c** dargestellt.

[0080] In **Fig. 7e** ist eine schematische Draufsicht auf einen Träger **43** in Analogie zu **Fig. 7a** dargestellt. Die in der **Fig. 7f** dargestellte Schnittdarstellung zeigt eine erfindungsgemäße alternative Ausführungsform zu einem Träger **43** gemäß den **Fig. 7a** bis **7e**, wobei die in den **Fig. 7e** bis **7f** dargestellte Ausführungsform eines Trägers **43** zur Aufnahme von Substratplatten **51** mit größerem Durchmesser besonders geeignet ist. Bei der nachfolgenden Beschreibung der **Fig. 7f** werden die abweichenden Ausgestaltungen oder alternativen Ausgestaltungen näher erörtert. Hinsichtlich der baugleichen oder dem Prinzip nach baugleichen Elemente und Teile gemäß der ersten Ausführungsform wird auf die vorangegangenen Figuren Bezug genommen.

[0081] In **Fig. 7f** ist eine schematische Schnittdarstellung entlang der Linie I-I gemäß **Fig. 7e** dargestellt. Die Bodenplatte **44** weist eine nach unten offene Kühlwassernut **66** auf, welche durch ein Verschlusselement **67**, beispielsweise eine Scheibe, mittels einer Verschraubung verschlossen ist. Über schematisch dargestellte Kühlleitungen **86** wird das Kühlmedium zu- und abgeführt. Oberhalb der Bodenplatte **44** ist eine Isolierschicht **48** vorgesehen, wel-

che einen Freiraum **131** ausweist. In der Isolierschicht **48** ist eine Durchbrechung **151** vorgesehen, um die Versorgungsleitungen **91** für die Heizelemente **87** zu- und abzuführen.

[0082] Die Substratplatte **51** wird im Unterschied zur ersten Ausführungsform im äußeren Randbereich durch Befestigungselemente **161** niedergehalten oder fixiert, vorzugsweise verschraubt. Dadurch wird sichergestellt, dass Verwölbungen der Substratplatte **51** verhindert werden. Die Anforderungen an eine Reproduzierbarkeit sind sehr hoch und liegen beispielsweise in einem Bereich von weniger als 0,05 mm.

[0083] Die Substratplatte **51** wird über einen Positionierstift **147** und ein zentrales Passelement **139** zur Heizplatte **136** positioniert und über das Rast- oder Federelement **143** darin positioniert. Im äußeren Randbereich sind Befestigungselemente **161** vorgesehen, welche die Substratplatte **51** niederhalten, so dass diese bündig beziehungsweise vollflächig auf der Heizplatte **136** anliegt. Die Befestigungselemente **161** weisen an einem zur Substratplatte **51** weisenden Ende ein Außengewinde **162** und eine Innensechskantaufnahme **163** auf. Die Befestigungselemente **161** sind federgelagert gehalten. Nach dem Aufsetzen der Substratplatte **51** ist die Innensechskantaufnahme **163** über die Bohrung **164** zugänglich, so dass im Anschluss daran eine Verschraubung erfolgen kann, wodurch die Substratplatte **51** zur Heizplatte **136** niedergehalten wird. Diese Befestigungsmöglichkeit ist nur beispielhaft. Weitere Ausgestaltungsmöglichkeiten, um eine schnelle Montage und Demontage der Substratplatte **51** zu ermöglichen, die während dem Betrieb eine plane Anlage der Substratplatte **51** zur Heizplatte **136** ermöglicht, sind ebenfalls denkbar.

[0084] Die Kühlplatte **132** ist über ein Längenausgleichselement **166** durch ein Befestigungselement **160** zur Isolierschicht **48** und zur Bodenplatte **44** fixiert. Als Längenausgleichselement **166** kann ein Tellerfederpaket, oder dergleichen vorgesehen sein, um einen Ausgleich durch die thermische Längenänderung zu ermöglichen.

Patentansprüche

1. Substratplatte zum Auftrag von zumindest einer Schicht eines Aufbaumaterials (**57**) zur Herstellung eines dreidimensionalen Formkörpers (**52**) durch aufeinanderfolgendes Verfestigen der Schichten eines pulverförmigen, mittels elektromagnetischer Strahlung oder Teilchenstrahlung verfestigbaren Aufbaumaterials (**57**) an den jeweiligen einem Querschnitt des Formkörpers (**52**) entsprechenden Stellen, welche zur Positionierung auf einem Träger (**43**) in einer Prozesskammer (**21**, **24**) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Aufnahmeab-

schnitt (**186**) vorgesehen ist, der auf einer Oberseite eine Aufnahmefläche (**188**) zur Aufnahme von Schichten aufweist, und dass ein Auflageabschnitt (**181**) vorgesehen ist, der auf einer Unterseite eine zum Träger (**43**) weisende Auflagefläche (**185**) aufweist und zumindest eine Vertiefung (**182**) umfasst, die sich von der Auflagefläche (**185**) des Auflageabschnittes (**181**) zumindest in einer Richtung zum Aufnahmeabschnitt (**186**) erstreckt.

2. Substratplatte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Aufnahmeabschnitt (**186**) in seiner Dicke dünner als der Auflageabschnitt (**181**) ausgebildet ist.

3. Substratplatte nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein am Träger (**43**) aufliegender Flächenanteil des Auflageabschnittes (**181**) größer als der zum Träger (**43**) weisende Flächenanteil der Vertiefungen (**182**) ausgebildet ist.

4. Substratplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefungen (**182**) einen rechteckförmigen, halbkreisförmigen, keilförmigen, trapezförmigen oder mehreckförmigen Querschnitt aufweisen.

5. Substratplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Auflageabschnitt (**181**) zumindest sternförmig zu dessen Mittelpunkt (**183**) verlaufende, konzentrisch zu dessen Mittelpunkt (**183**) angeordnete, geradlinig oder gekrümmt verlaufende, parallel verlaufende, sich kreuzende oder schachbrettförmig angeordnete Vertiefungen (**182**) aufweist.

6. Substratplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Auflageabschnitt (**181**) eine Halteeinrichtung (**138**) aufweist, welche zur Positionierung und Lagefixierung des Auflageabschnittes (**181**) auf dem Träger (**43**) vorgesehen ist und in einer Position zum Auflageabschnitt (**181**) angeordnet ist, deren Lage unabhängig von Wärmedehnungen des Auflageabschnittes (**181**) aufrechterhalten bleibt.

7. Substratplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ausrichtung der Lage des Auflageabschnittes (**181**) zum Träger (**43**) ein Ausrichtelement (**189**) vorgesehen ist, welches an einem komplementär ausgebildeten Ausrichtelement (**147**) am Träger (**43**) angreift, wobei vorzugsweise an dem Auflageabschnitt (**181**) eine Aussparung oder Vertiefung als Ausrichtelement (**189**) vorgesehen ist, in welche ein an dem Träger (**43**) angeordneter Positionierstift als komplementäres Ausrichtelement (**147**) eingreift.

8. Substratplatte nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausrichtelement (**189**) oder

das komplementäre Ausrichtelement (**147**) als langlochförmige Aussparung ausgebildet ist, welche in Abhängigkeit der Positionierung der Halteeinrichtung (**138**) und des Wärmeausdehnungsverhaltens des Auflageabschnittes (**181**) ausgerichtet ist.

9. Substratplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Auflageabschnitt (**181**) im Flächenschwerpunkt eine Halteeinrichtung (**138**) aufnimmt.

10. Substratplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteeinrichtung (**138**) als lösbare Verbindung ausgebildet ist, welche durch ein Rast- oder Federelement (**143**) auswechselbar zum Träger (**43**) aufgenommen ist.

11. Substratplatte nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteeinrichtung (**138**) einen Arretierbolzen (**146**) umfasst, der in ein Passelement (**139**) am Träger (**43**) einsetzbar ist, welches vorzugsweise in einer Bauplattform (**49**) des Trägers (**43**) angeordnet ist.

12. Substratplatte nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest im äußeren Randbereich des Aufnahmeabschnittes (**186**) Befestigungselemente (**161**) angreifen, welche den äußeren Randbereich des Auflageabschnittes (**181**) zum Träger (**43**) niederhalten.

13. Substratplatte nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (**161**) als Niederzuggewinde ausgebildet ist, welches von der Oberseite des Aufnahmeabschnittes (**186**) zugänglich ist.

14. Substratplatte nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Befestigungselemente (**161**) federgelagert in dem Träger (**43**) gehalten sind und der Randbereich des Auflageabschnittes (**181**) unter Federkraft zum Träger (**43**) niedergehalten ist, wobei die Befestigungselemente (**161**) mit radialem Spiel in dem Träger (**43**) angeordnet sind.

15. Substratplatte nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Befestigungselemente (**161**) einen Schaft aufweisen, welche den Träger (**43**) durchqueren und auf einer Unterseite des Trägers (**43**) durch eine Betätigungseinrichtung betätigbar sind.

16. Substratplatte nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Befestigungselemente (**161**) durch eine Schnellspaneinrichtung, Wendelnut-Spannelement oder dergleichen den Auflageabschnitt (**181**) zum Träger (**43**) niederhalten.

17. Substratplatte nach einem der Ansprüche 1

bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteeinrichtung (**138**) als Spannelement ausgebildet ist, welches vorzugsweise eine Zugspannzange, eine Flügelstange, einen Hohlkegelschaft oder eine Gewindestange aufweist, welche den Träger (**43**) durchquert und auf einer Unterseite des Auflageabschnittes (**181**) durch eine Betätigungseinrichtung betätigbar ist.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

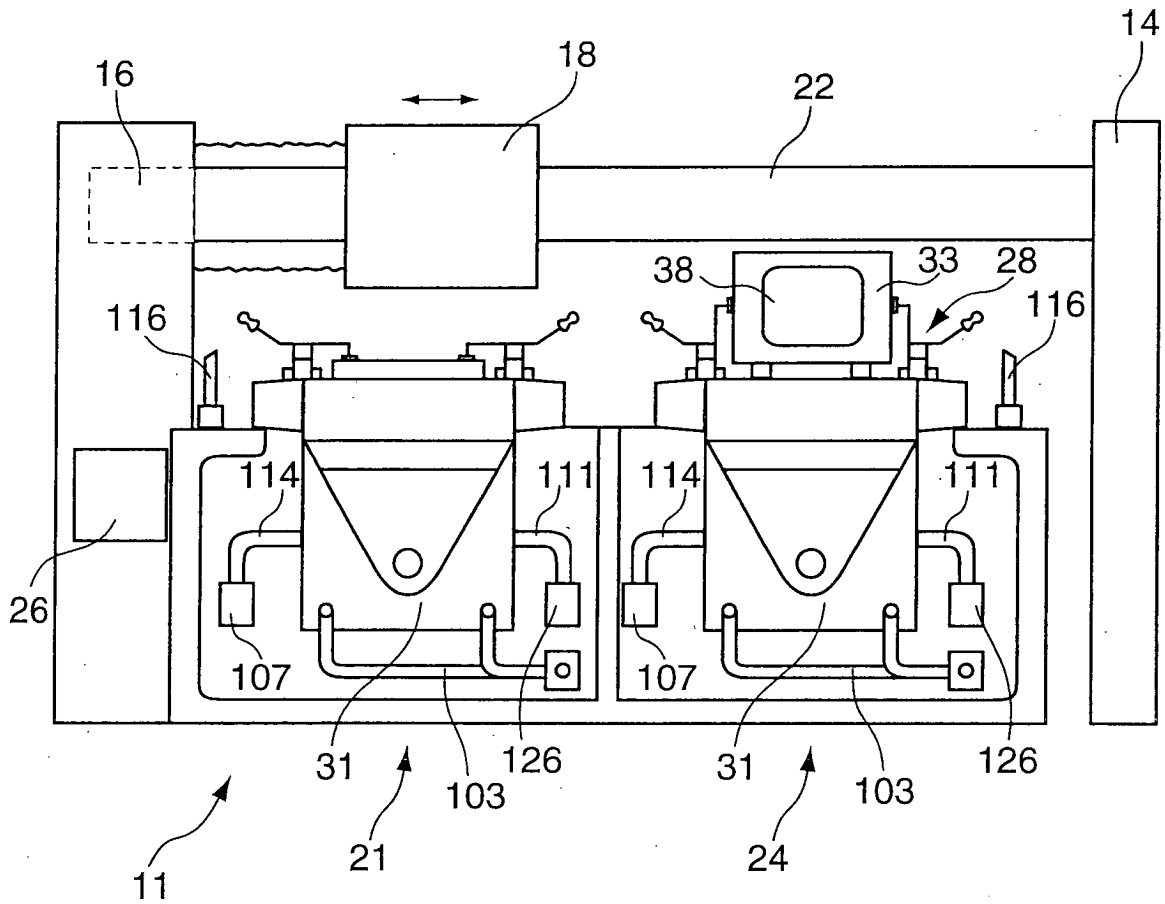


Fig. 1

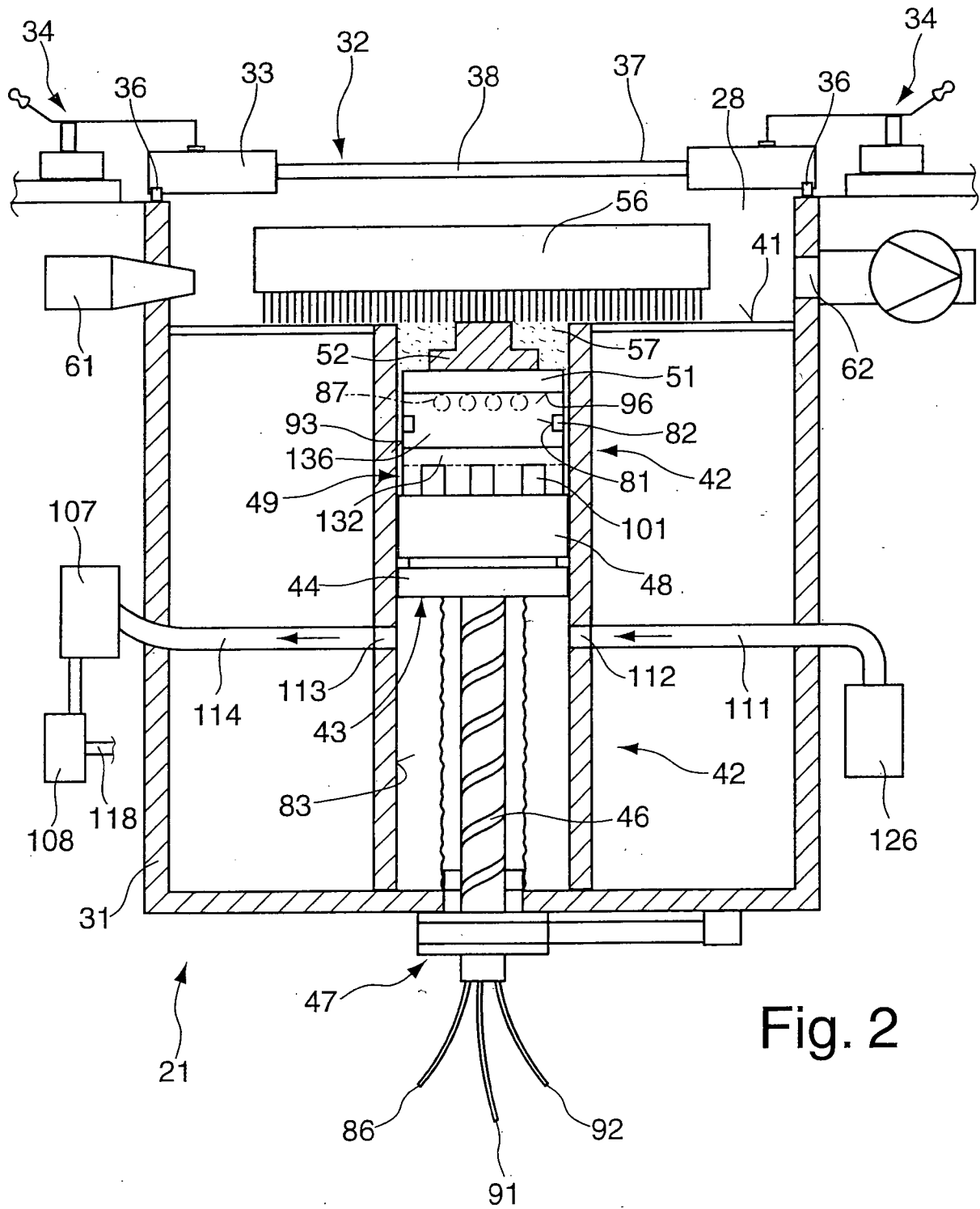


Fig. 2

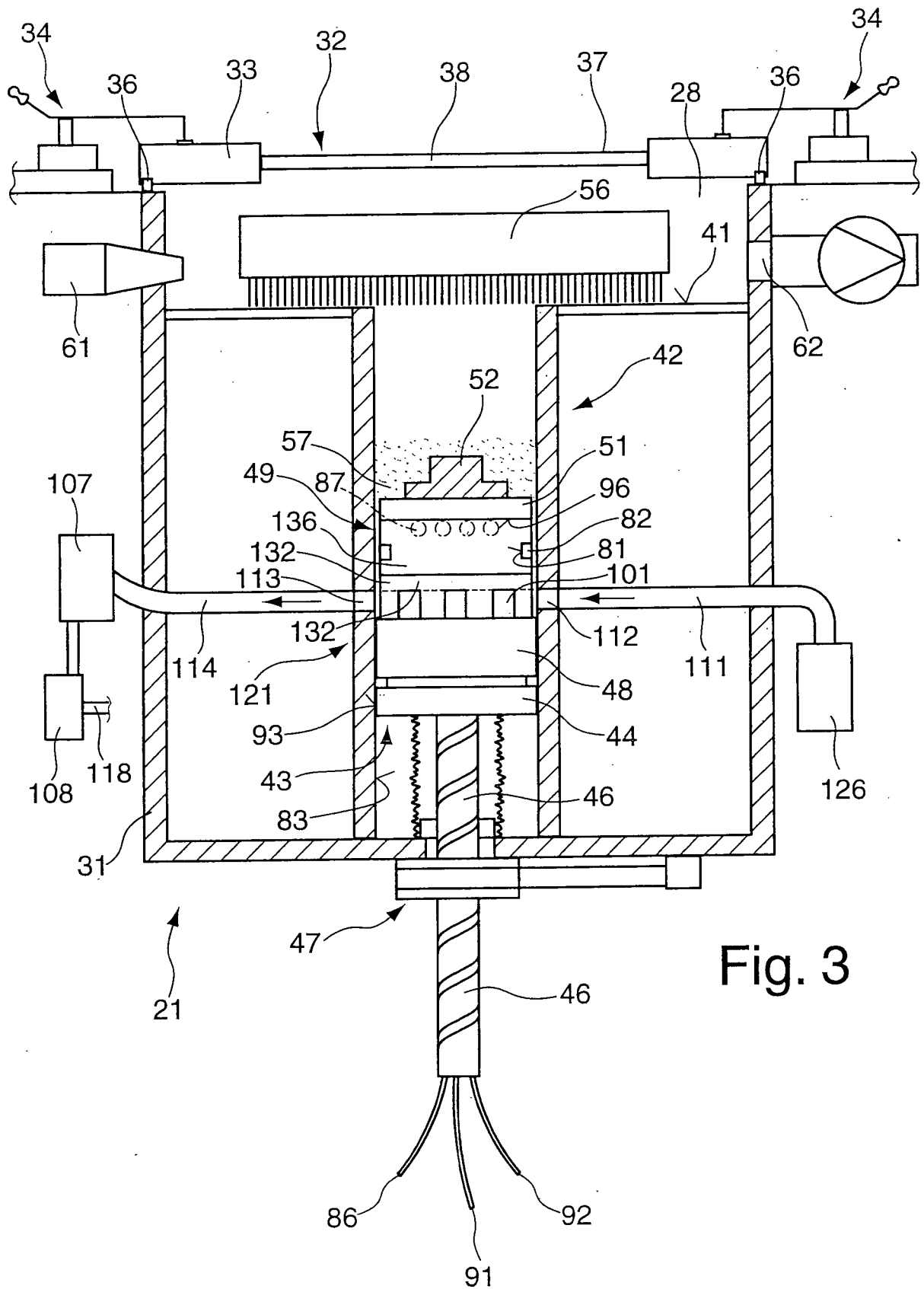


Fig. 3

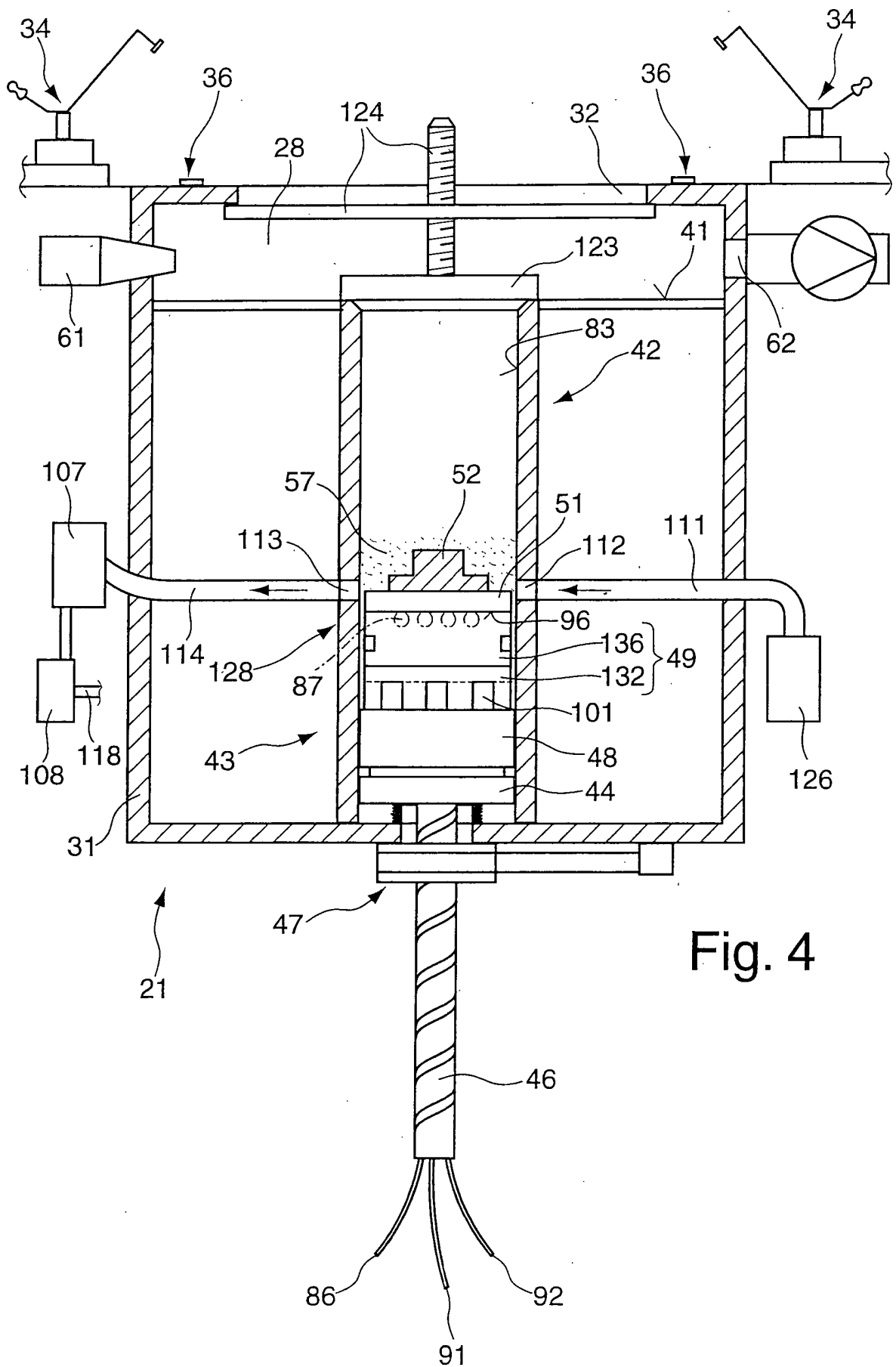


Fig. 4

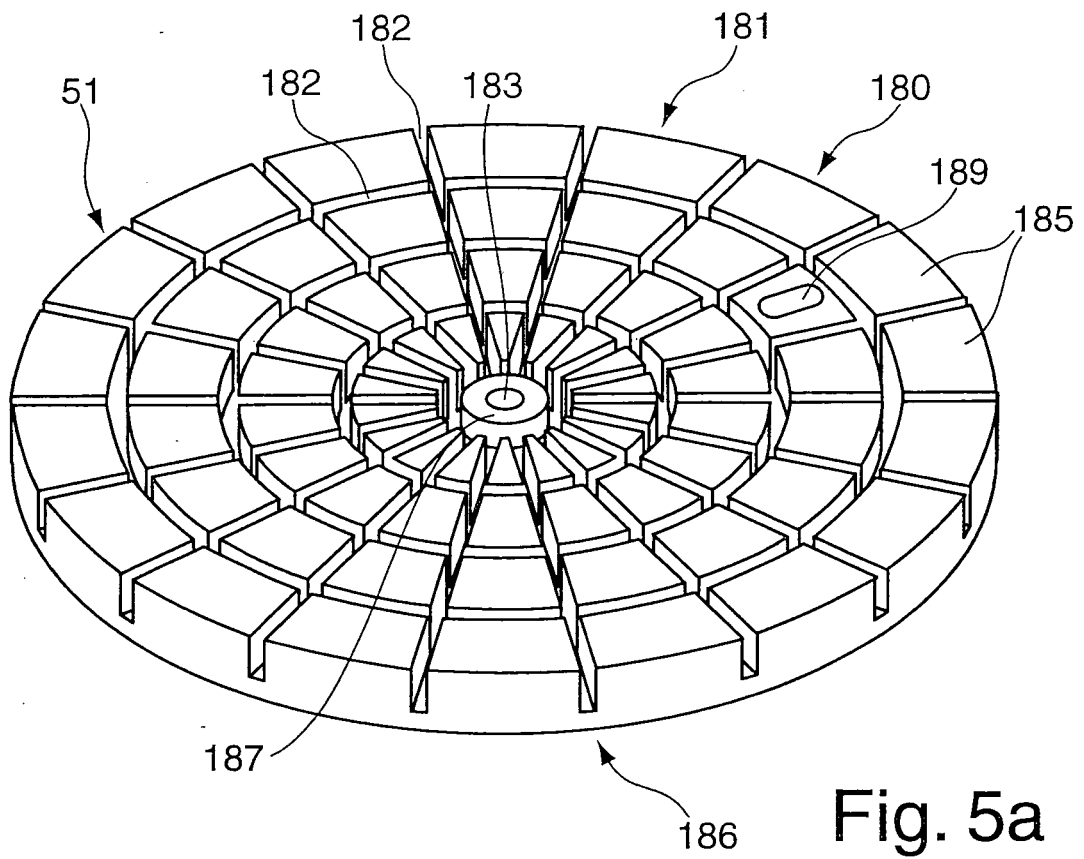


Fig. 5a

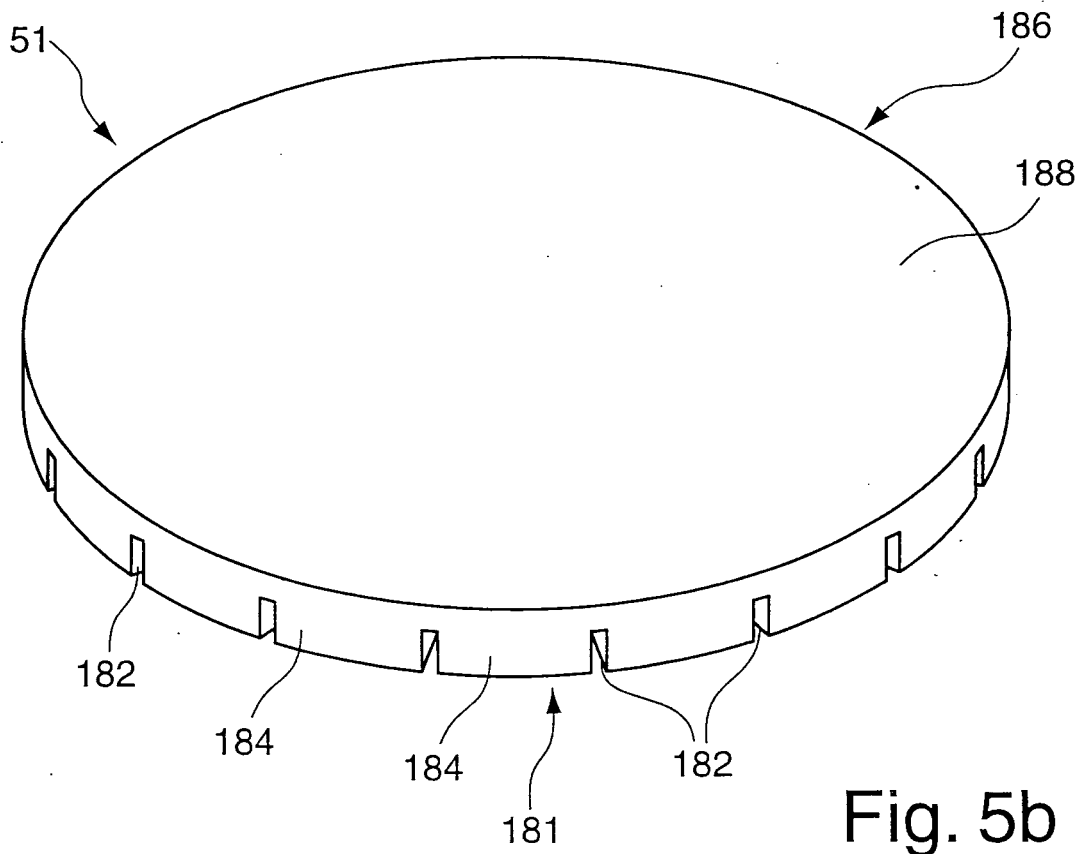


Fig. 5b

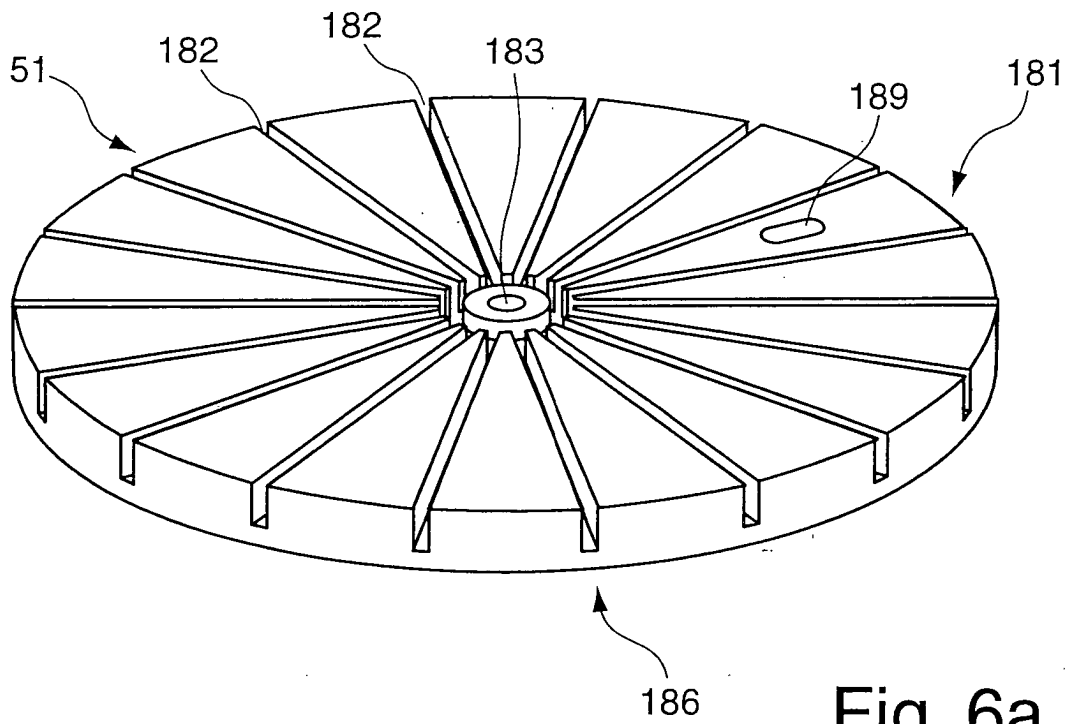


Fig. 6a

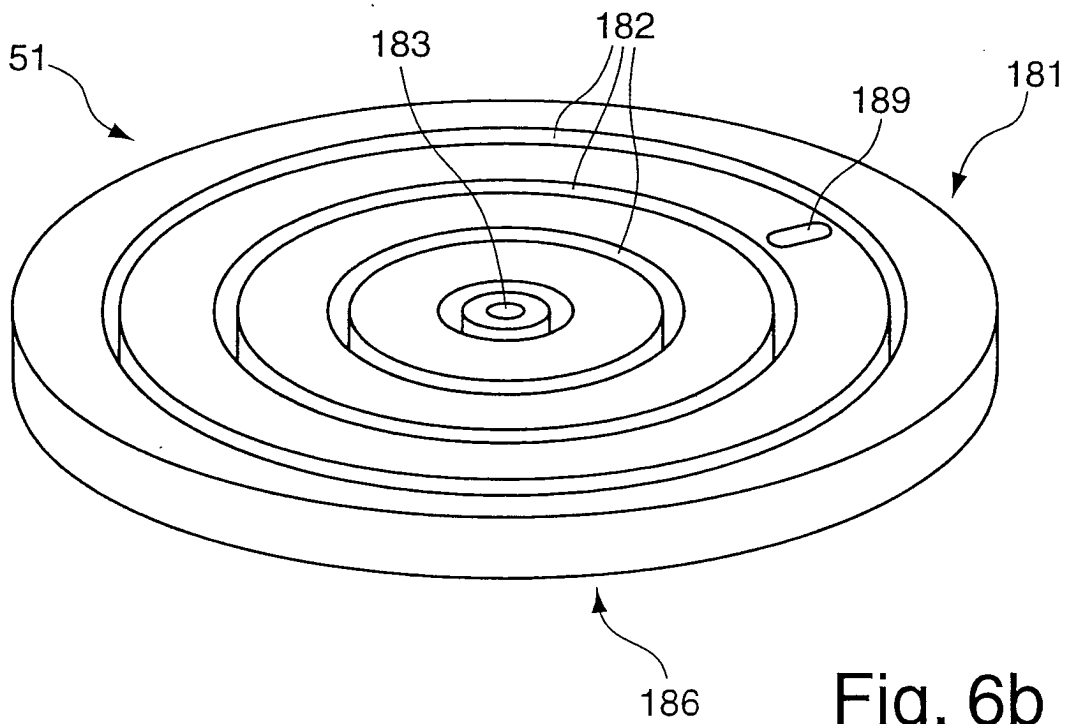


Fig. 6b

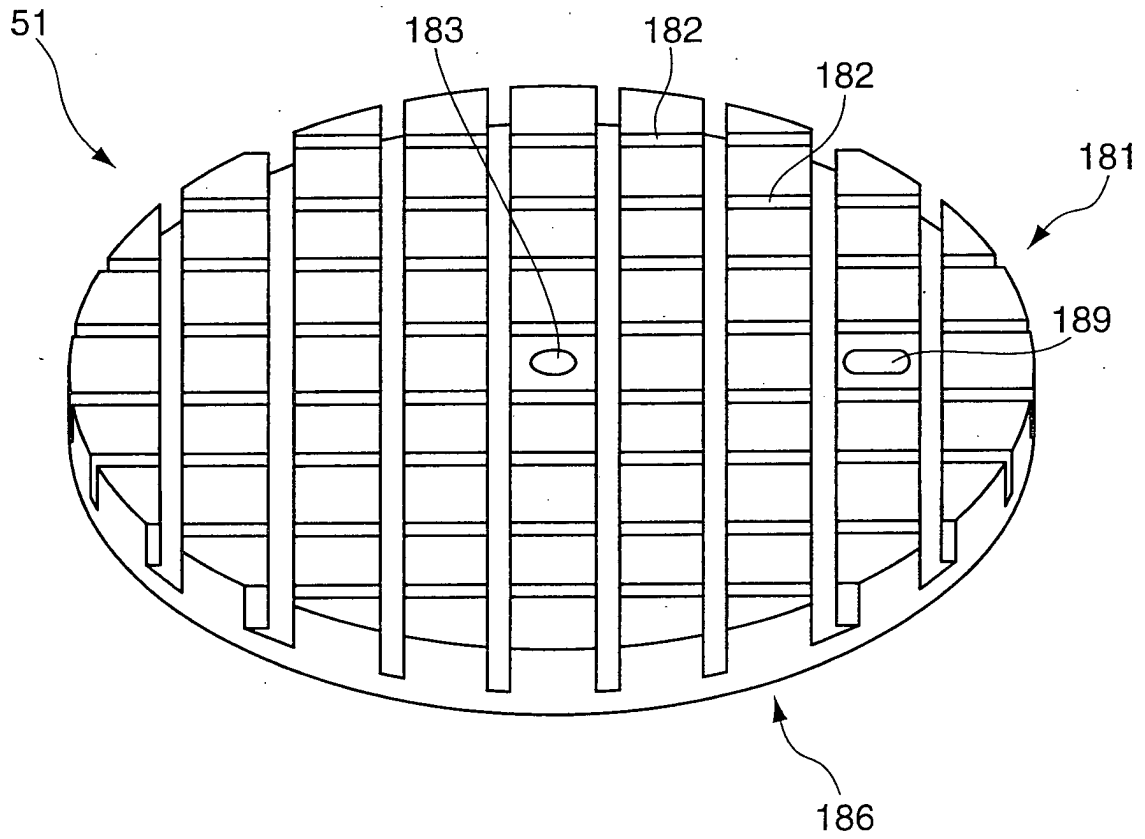
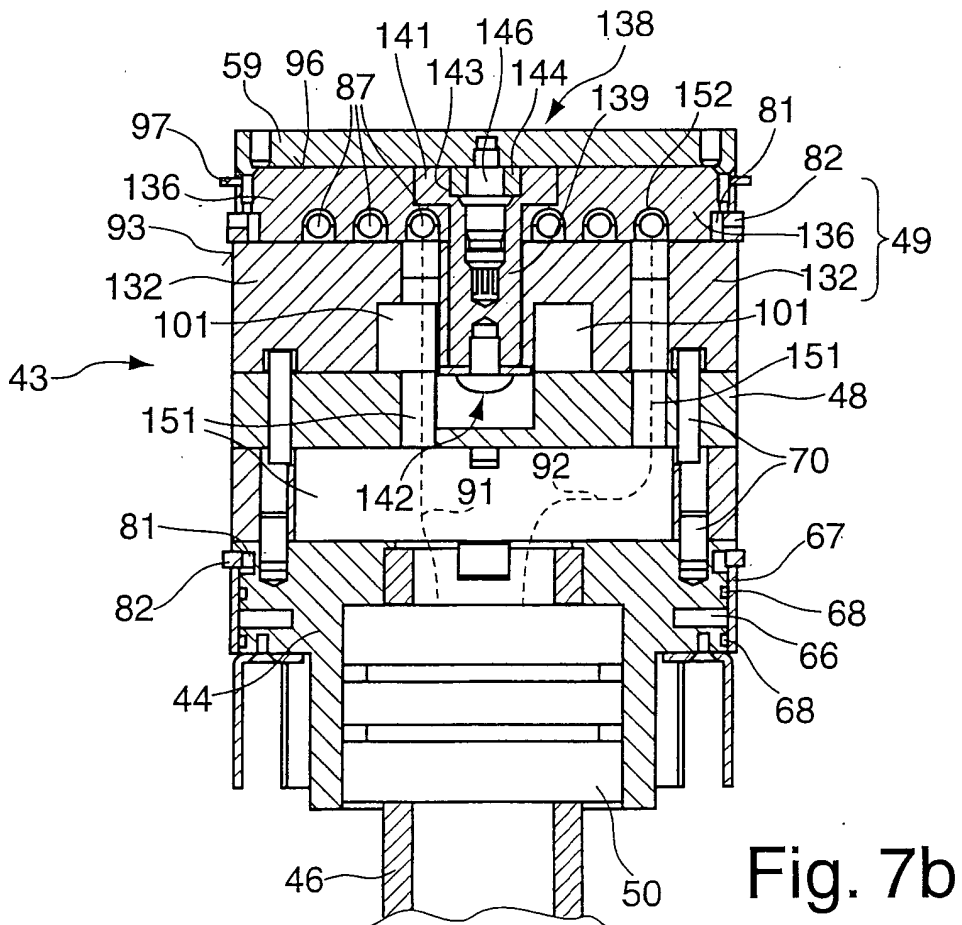
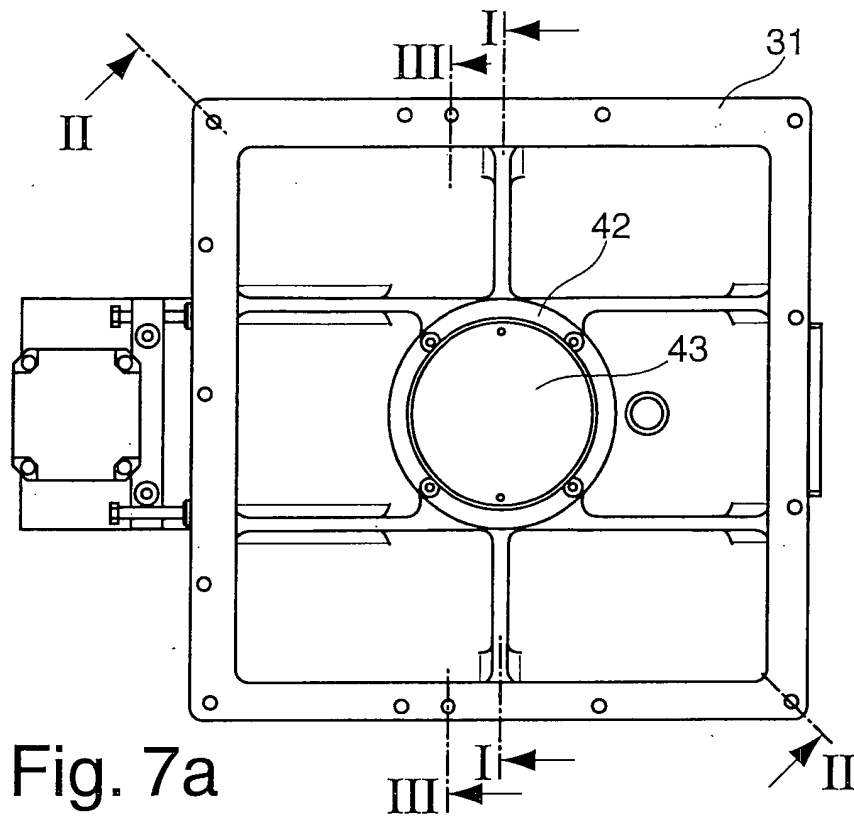


Fig. 6c



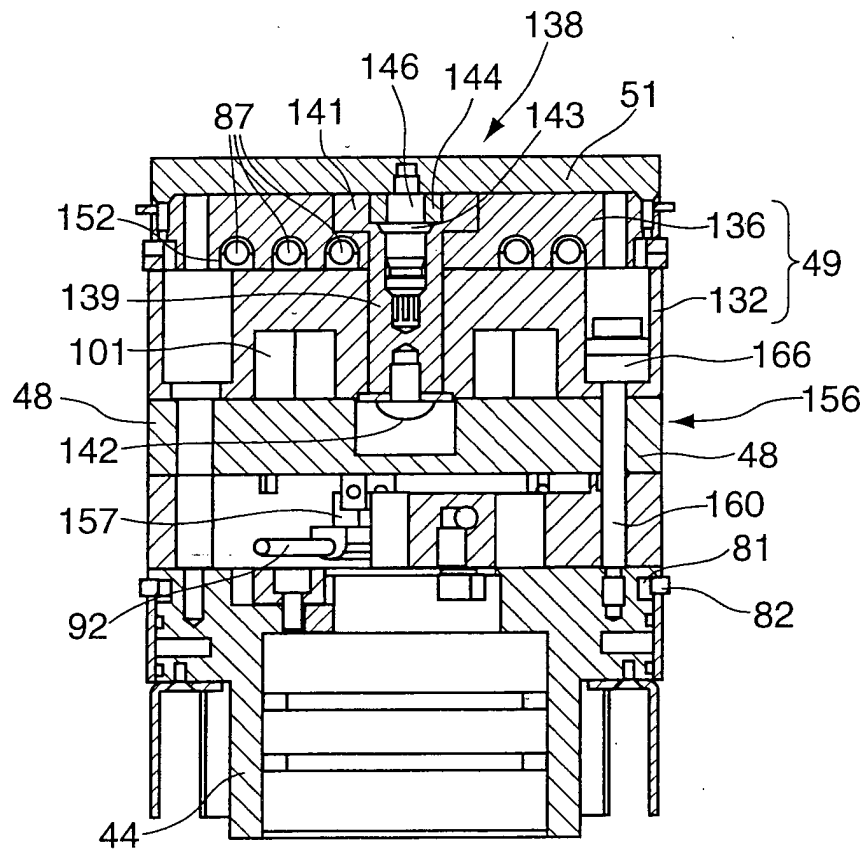


Fig. 7c

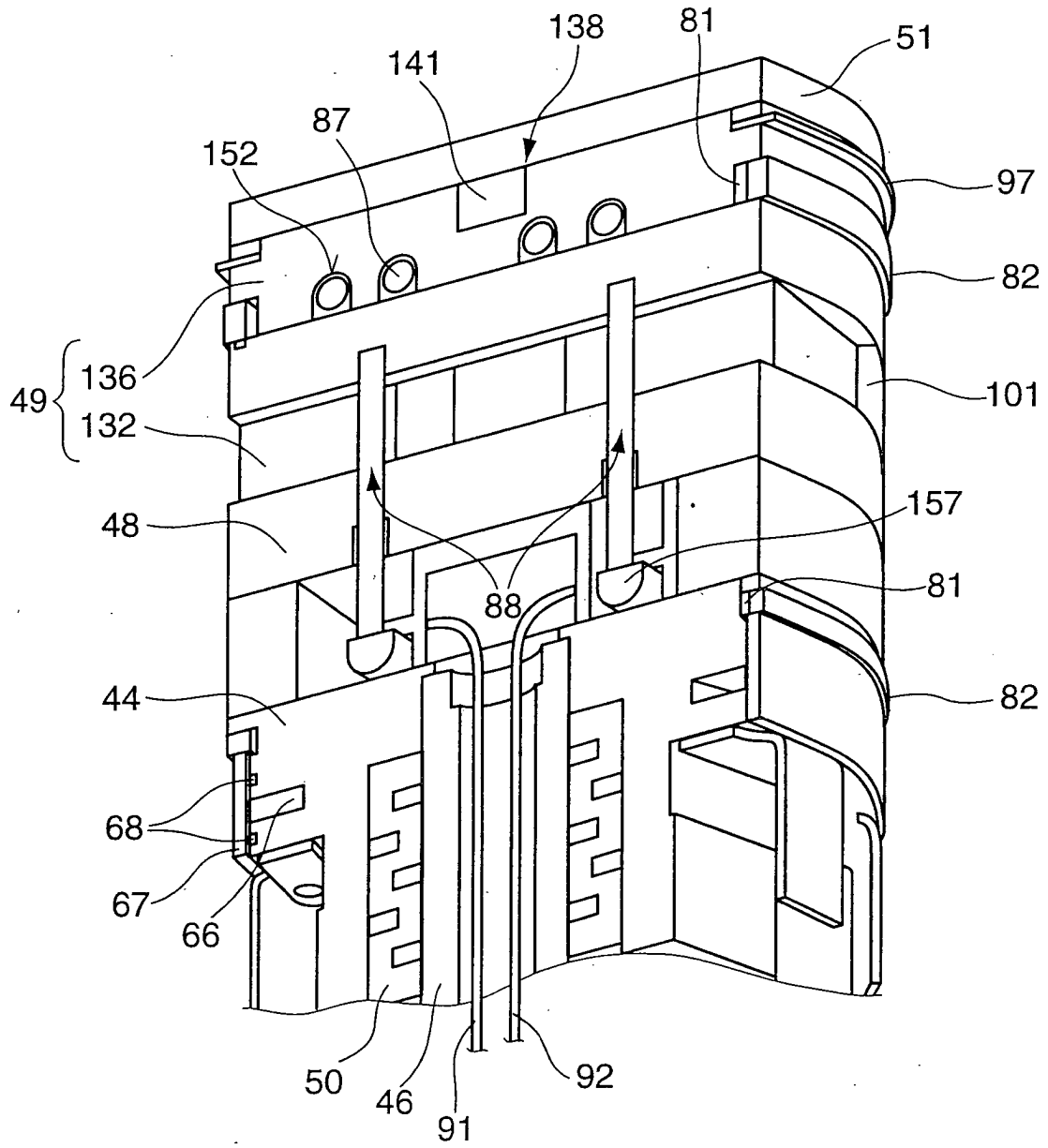


Fig. 7d

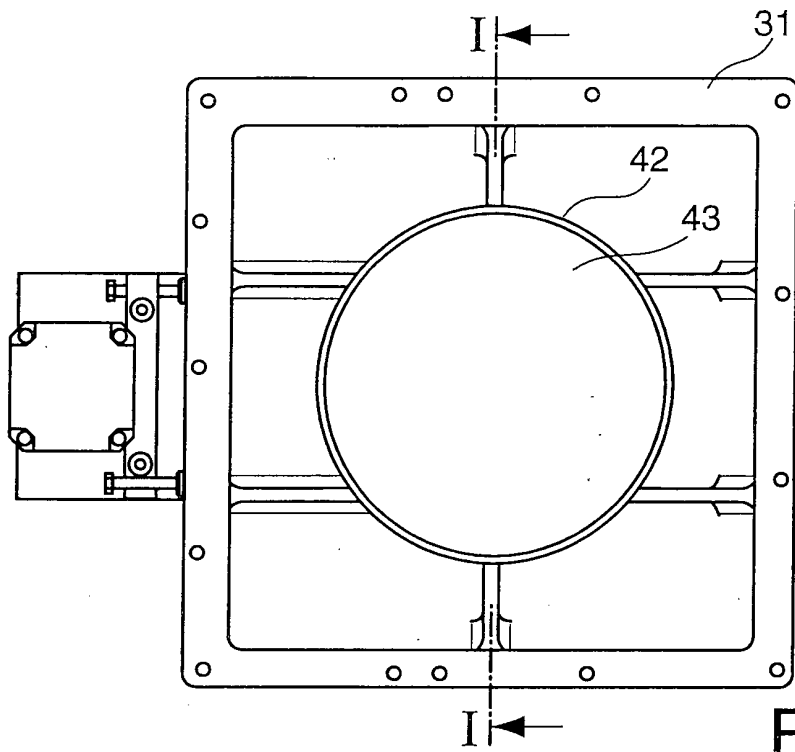


Fig. 7e

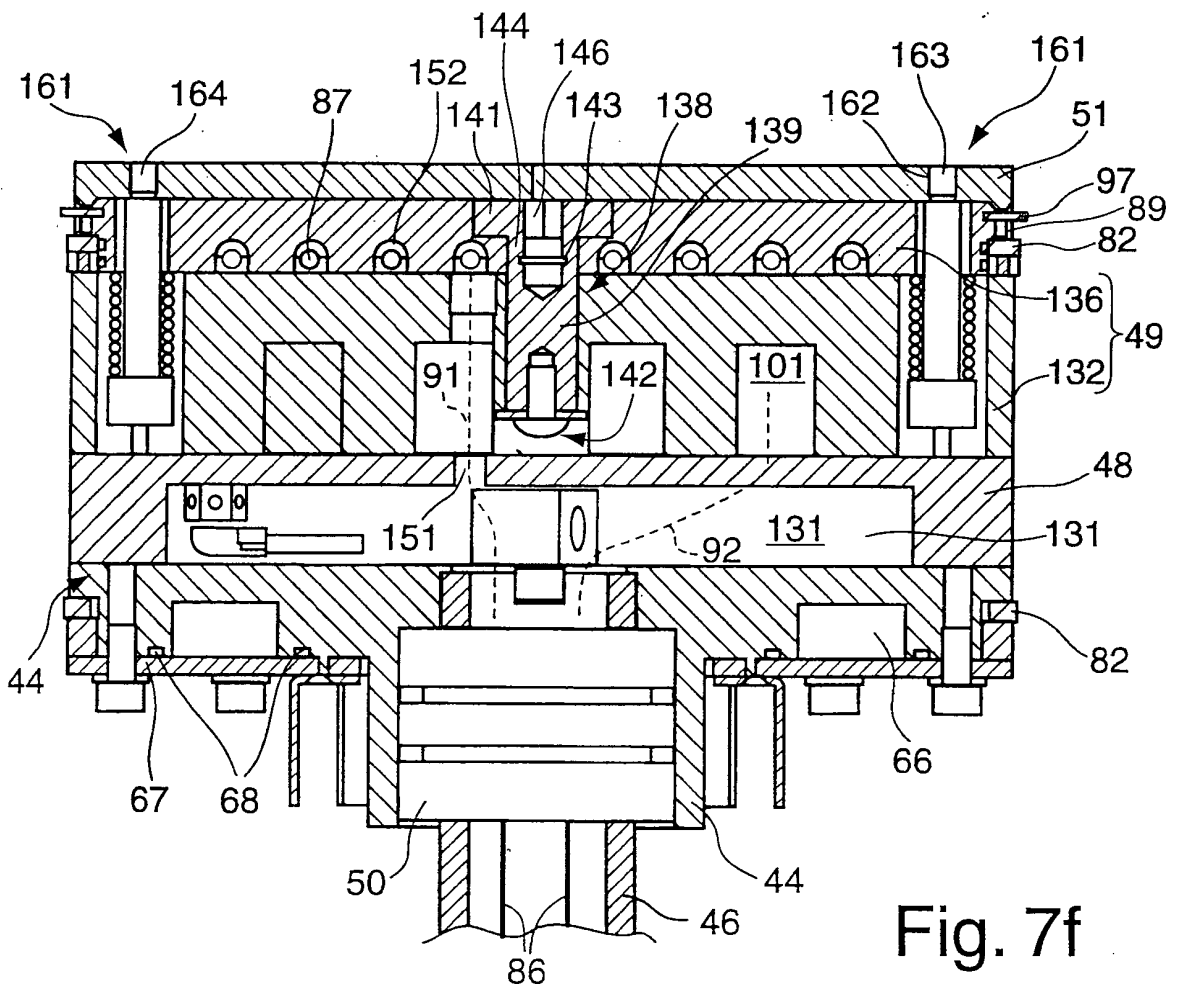


Fig. 7f