



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 008 458 T2** 2008.05.21

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 631 439 B1**

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

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 008 458.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IL2004/000368**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 730 792.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/096527**

(86) PCT-Anmeldetag: **02.05.2004**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **11.11.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **08.03.2006**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **22.08.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.05.2008**

(30) Unionspriorität:

**466731 P 01.05.2003 US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR**

(73) Patentinhaber:

**Objet Geometries Ltd., Rehovot, IL**

(72) Erfinder:

**ZEYTOUN, Igal, 44861 Avnei Hefetz, IL; LEVI, Moshe, 63574 Tel-Aviv, IL; KRITCHMAN, Eliahu M., 69012 Tel-Aviv, IL; ESHED, David, 44285 Kfar Saba, IL; GOTHAI, Hanan, 76248 Rehovot, IL; DANAI, Dror, 69353 Tel-Aviv, IL; BAR NATHAN, Meir, 75502 Rishon Lezion, IL; KLEINHENDLER, Chaim, 71908 Maccabim, IL; MENCHIK, Guy, 43553 Raanana, IL**

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, 80538 München**

(54) Bezeichnung: **RAPID-PROTOTYPING-VORRICHTUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Vorrichtungen, hierin im Folgenden „Schnellherstellungsvorrichtungen“, zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes, indem anhand von das Objekt definierenden Daten der Reihe nach übereinander dünne Schichten von Material ausgebildet werden.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0002]** Schnellherstellungsvorrichtungen bilden Objekte aus, indem anhand von die Objekte definierenden Daten, hierin im Folgenden „Konstruktionsdaten“, der Reihe nach übereinander dünne Schichten, hierin im Folgenden „Konstruktionsschichten“, aus einem Material ausgebildet werden. Es gibt zahlreiche und verschiedene Typen von Schnellherstellungsvorrichtungen und unterschiedliche Verfahren, mit denen sie die dünnen Konstruktionsschichten ausbilden, die sie zum Aufbauen eines Objektes verwenden.

**[0003]** Ein Typ von Schnellherstellungsvorrichtung, der herkömmlicherweise als „Tintenstrahl-Schnellherstellungsvorrichtung“ bezeichnet wird, „druckt“ jede Schicht eines Objektes, das von ihm aufgebaut wird. Um eine vorgegebene Schicht auszubilden, steuert die Tintenstrahl-Schnellherstellungsvorrichtung wenigstens eine Abgabevorrichtung, die als „Druckkopf“ bezeichnet wird, um anhand von Konstruktionsdaten für das Objekt wenigstens ein Konstruktionsmaterial in flüssiger Form in einem Muster abzugeben, und verfestigt dann das abgegebene Material. Wenigstens ein Konstruktionsmaterial, hierin im Folgenden ein „Baumaterial“ (BM), das zum Ausbilden der Schicht abgegeben wird, wird in der Form eines Querschnitts des Objektes gedruckt. Baumaterial in benachbarten Konstruktionsschichten wird in der Form von dünnen Querschnitten des Objektes, die um einen kleinen inkrementellen Abstand entlang einer selben Richtung, hierin im Folgenden als „Schichtungsrichtung“ bezeichnet, relativ zueinander versetzt sind, relativ zu dem Objekt gedruckt.

**[0004]** Zur Erleichterung der Darlegung wird bei den Querschnitten des Objektes, in deren Formen die Konstruktionsschichten ausgebildet werden, angenommen, dass sie zu der xy-Ebene eines geeigneten Koordinatensystems parallel sind und die Schichtungsrichtung in der z-Richtung des Koordinatensystems liegt. Wahlweise ist das Baumaterial ein Fotopolymer, das nach dem Auftragen gehärtet wird, indem es geeigneter elektromagnetischer Strahlung, typischerweise UV-Strahlung, ausgesetzt wird.

**[0005]** Bei vielen Konstruktionsobjekten sind auf Grund der Komplexität und/oder Form der Objekte

Konstruktionsschichten, die lediglich BM enthalten, das in der Form von Querschnitten der Konstruktionsobjekte gedruckt ist, nicht vollständig selbsttragend und erfordern Stützung während der Konstruktion des Objektes. In diesen Fällen wird wenigstens ein Konstruktionsmaterial, hierin im Folgenden als „Stützmaterial“ (SM) bezeichnet, nach Bedarf in geeignete Regionen jeder Schicht gedruckt, um Stützung für das Baumaterial in der Schicht bereitzustellen. Das Stützmaterial und/oder eine Form, in der es ausgebildet ist, ist dergestalt, dass es bei Fertigstellung des Objektes von dem Objekt entfernt werden kann, ohne das Baumaterial im Wesentlichen zu beschädigen. Bei einigen Ausführungen ist das Stützmaterial, wie das Baumaterial, außerdem ein Fotopolymer.

**[0006]** Eine Tintenstrahl-Schnellherstellungsvorrichtung umfasst typischerweise wenigstens einen Tintenstrahl-Druckkopf, der in einem „Druckkopfblock“ beinhaltet ist, der an einer „Verfahrenrichtung“ befestigt ist. Jeder Druckkopf weist eine Anordnung einer Ausgangsöffnung oder mehrerer Ausgangsöffnungen auf und ist derart steuerbar, dass er Konstruktionsmaterial aus jeder Öffnung unabhängig von dem Abgeben von Konstruktionsmaterial aus den anderen Öffnungen abgibt. Das Konstruktionsmaterial umfasst einen oder mehrere Typen von Fotopolymermaterialien, die typischerweise in wenigstens einer Patrone gespeichert sind, aus der eine geeignete Konfiguration von Rohrleitungen das Material oder die Materialien zu einem Vorratsbehälter oder mehreren Vorratsbehältern in dem Druckkopfblock fördert, von dem/denen der Druckkopf das Material empfängt. Wahlweise steuert, um geeignete Viskosität des wenigstens einen Fotopolymers zu wahren, eine Steuerung wenigstens eine Wärmvorrichtung, die wahlweise an dem Druckblock, dem Druckkopf und/oder dem Vorratsbehälter befestigt ist, um das Fotopolymer auf eine geeignete Betriebstemperatur zu erwärmen. Der eine Typ oder die mehreren Typen von Fotopolymeren kann/können im Allgemeinen in einer Kombination, getrennt oder gemeinsam, gleichzeitig oder aufeinanderfolgend abgegeben werden.

**[0007]** Während der Konstruktion eines Objektes steuert eine Steuerung die Verfahrenrichtung derart, dass sie sich wiederholt über eine Stützfläche, hierin im Folgenden eine „Konstruktionsplattform“, parallel zu der xy-Ebene bewegt. Während sich die Verfahrenrichtung bewegt, steuert die Steuerung jeden Druckkopf derart, dass er anhand von das Objekt definierenden Konstruktionsdaten Konstruktionsmaterial selektiv durch seine Öffnungen abgibt, um die Konstruktionsschichten, aus denen das Objekt hergestellt wird, eine Schicht nach der anderen übereinander auf die Konstruktionsplattform zu drucken. Eine Quelle oder mehrere Quellen elektromagnetischer Strahlung, wahlweise UV-Strahlung, ist/sind an der Verfahrenrichtung an den Druckkopfblock angren-

zend befestigt, um das in jeder Konstruktionsschicht gedruckte Fotopolymer-Konstruktionsmaterial auszuhärten. Außerdem ist wahlweise an der Verfahreinrichtung an den wenigstens einen Druckkopfblock angrenzend eine „Nivellierwalze“ befestigt, die neu gedruckte Schichten aus Konstruktionsmaterial auf eine vorgegebene Schichthöhe nivelliert, indem sie überschüssiges Material und/oder Materialspitzen in der Schicht entfernt. Das aus der Schicht entfernte überschüssige Material wird von einer „Reinigungs-Wischeinrichtung“ von der Walze abgewischt und in einem Abfallbehälter gesammelt, der in der Verfahreinrichtung beinhaltet ist.

**[0008]** Wahlweise steuert die Steuerung beim Bewegen der Verfahreinrichtung über die Stützfläche während der Herstellung einer Konstruktionsschicht die Verfahreinrichtung derart, dass sie sich entlang der x-Richtung hin- und herbewegt. Wahlweise inkrementiert die Steuerung bei einer Umkehr oder mehreren Umkehren der Verfahreinrichtung entlang der x-Richtung das Versetzen der Verfahreinrichtung in der y-Richtung. Im Anschluss an die Herstellung einer vorgegebenen Konstruktionsschicht wird entweder die Konstruktionsplattform gesenkt oder die Verfahreinrichtung angehoben und zwar entlang der Schichtungsrichtung um einen Abstand, der einer Dicke einer nächsten Konstruktionsschicht entspricht, die über der gerade ausgebildeten vorgegebenen Schicht herzustellen ist.

**[0009]** Während der Konstruktion eines Objektes neigt überschüssiges ausgehärtetes Fotopolymer-Konstruktionsmaterial dazu, sich an oder zwischen dem wenigstens einen Druckkopf in dem Druckkopfblock und an der Reinigungs-Wischeinrichtung anzusammeln. Das angesammelte Material kann zu vollständiger oder teilweiser Blockierung von Ausgangsöffnungen führen, wobei Ungenauigkeiten beim Auftragen von Konstruktionsmaterial und/oder Beschädigung einer gedruckten Schicht erzeugt werden können, während sich die Druckköpfe und die Walze über eine gedruckte Schicht bewegen. Oft kann das Funktionieren eines Druckkopfblockes durch angesammelte „Fotopolymer-Rückstände“ derart verschlechtert sein, dass der Druckblock ersetzt werden muss. Das Ersetzen eines Druckkopfblockes ist im Allgemeinen teuer, zeitaufwändig und erfordert Neukalibrierung der Schnellherstellungsvorrichtung, damit das Auftragen von Polymer über die Ausgangsöffnungen genau gesteuert werden kann.

**[0010]** Konfigurationen von Tintenstrahl-Schnellherstellungsvorrichtungen werden in dem US-Patent 6.259.962, dem US-Patent 6.658.314, dem US-Patent 6.569.373, dem US-Patent 6.850.334, dem US-Patent 7.209.797 und der Patentveröffentlichung 20040207124 beschrieben. EP 0 963 824 beschreibt die Vernetzung eines Terpentinharzes durch Strahlung und US-A-2002/008335 offenbart eine Vorrich-

tung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0011]** Ein Aspekt einiger Ausführungen der Erfindung betrifft das Bereitstellen einer Tintenstrahl-Schnellherstellungsvorrichtung mit verbesserten Betriebseigenschaften.

**[0012]** Ein Aspekt einiger Ausführungen der Erfindung betrifft das Bereitstellen einer Schnellherstellungsvorrichtung, die eine Verfahreinrichtung mit einem Druckkopfblock umfasst, bei dem jeder Druckkopf darin unabhängig von den anderen Druckköpfen in dem Block demontiert und ersetzt werden kann.

**[0013]** Nach einer Ausführung der Erfindung sind die Verfahreinrichtung und die Druckköpfe so konfiguriert, dass, wenn ein Druckkopf ersetzt wird, er durch Ausrichtungsstrukturen, die in dem Druckkopfblock und dem Druckkopf beinhaltet sind, automatisch ausgerichtet wird. Nach einer Ausführung der Erfindung ist der Druckkopf mit einem Speicher verbunden, der Profildaten umfasst, welche die Betriebseigenschaften des Druckkopfes spezifizieren, die von einer Steuerung in der Schnellherstellungsvorrichtung zum Steuern des Druckkopfes verwendet werden. Bei einigen Ausführungen der Erfindung ist der Speicher in dem Druckkopf beinhaltet.

**[0014]** Ein Aspekt einiger Ausführungen der Erfindung betrifft das Bereitstellen einer Schnellherstellungsvorrichtung mit einer verbesserten Lampe, die Strahlung zum Aushärten von Fotopolymer-Konstruktionsmaterialien bereitstellt.

**[0015]** Fotopolymer-Konstruktionsmaterial entlang von Kanten von Konstruktionsschichten, die durch eine Schnellherstellungsvorrichtung ausgebildet werden, ist oft schlecht polymerisiert, wobei dies zu Kanten führt, die manchmal relativ schlechte Schärfe aufweisen und weich und klebrig bleiben können. Eine Strahlungslampe nach einer Ausführung der Erfindung stellt einen relativ großen Bereich ihrer Strahlungsenergie derart bereit, dass die Strahlung in relativ großen Winkeln zu einer Normalen zu ihren Ebenen auf Konstruktionsschichten einfällt. Die Strahlung mit großem Einfallswinkel ist beim Polymerisieren von Material entlang von Kanten einer Konstruktionsschicht relativ effizienter als Strahlung, die in relativ kleinen Winkeln einfällt. Ein Aspekt einiger Ausführungen der Erfindung betrifft das Bereitstellen einer Schnellherstellungsvorrichtung mit einer verbesserten Reinigungs-Wischeinrichtung zum Entfernen von Fotopolymer-Rückständen, die sich auf Flächen der Schnellherstellungsvorrichtung ansammeln.

**[0016]** Es wird daher nach einer Ausführung der Erfindung eine Vorrichtung zum Herstellen eines Objektes bereitgestellt, indem anhand von das Objekt defi-

nierenden Daten der Reihe nach übereinander dünne Schichten eines Konstruktionsmaterials ausgebildet werden, wobei die Vorrichtung umfasst:

mehrere Druckköpfe, die jeweils eine mit mehreren Ausgangsöffnungen ausgebildete Fläche aufweisen und derart steuerbar sind, dass sie das Konstruktionsmaterial durch jede Öffnung unabhängig von den anderen Öffnungen abgeben;

eine Verfahreinrichtung, an der die Druckköpfe befestigt sind;

eine Stützfläche; und

eine Steuerung, die dazu geeignet ist, die Verfahreinrichtung derart zu steuern, dass sie sich über der Stützfläche hin- und herbewegt, und, wenn sich die Verfahreinrichtung bewegt, die Druckköpfe derart zu steuern, dass sie das Konstruktionsmaterial durch jede ihrer entsprechenden Öffnungen in Abhängigkeit von Daten abgeben, um eine erste Schicht auf der Stützfläche und anschließend der Reihe nach die anderen Schichten auszubilden; wobei

jeder Druckkopf von der Verfahreinrichtung demontiert und unabhängig von den anderen Druckköpfen ersetzt werden kann.

**[0017]** Wahlweise umfasst jeder Druckkopf wenigstens eine Registrierungsstruktur, die zu einer Registrierungsstruktur passt, die in der Verfahreinrichtung beinhaltet ist, und, wenn ein Druckkopf an der Verfahreinrichtung montiert wird, berührt ihre wenigstens eine Registrierungsstruktur die entsprechende Registrierungsstruktur der Verfahreinrichtung und positioniert den Druckkopf ordnungsgemäß in der Verfahreinrichtung. Wahlweise sind die Öffnungen in jedem Druckkopf in einer linearen Anordnung gleichmäßig voneinander beabstandet, die eine erste Öffnung aufweist, die an einem ersten Ende der Anordnung angeordnet ist. Wahlweise positionieren die wenigstens eine Registrierungsstruktur, die in jedem Druckkopf beinhaltet ist, und die dieser zugeordnete Registrierungsstruktur der Verfahreinrichtung die Druckköpfe derart, dass ihre entsprechenden Öffnungslinien parallel sind. Wahlweise sind dabei die Öffnungslinien entlang einer Richtung senkrecht zu den Öffnungslinien angeordnet. Wahlweise positionieren die wenigstens eine Registrierungsstruktur, die in jedem Druckkopf beinhaltet ist, und die dieser zugeordnete Verfahreinrichtungs-Registrierungsstruktur die Druckköpfe derart, dass die erste Öffnung in jedem Druckkopf relativ zu den ersten Öffnungen der anderen Druckköpfe ordnungsgemäß positioniert sind. Wahlweise sind Vorsprünge an der Stützfläche von parallelen Linien durch die Mitten der Öffnungen, die senkrecht zu den Öffnungslinien angeordnet sind, im Wesentlichen gleichmäßig voneinander beabstandet. Wahlweise sind Abstände der ersten Öffnungen von derselben Ebene senkrecht zu den Linien der Öffnungen in Abständen von der Ebene gemäß einer Gleichung der Form  $y(n) = C + n(d_y/N)$  angeordnet, wobei  $y$  der Abstand von der Ebene ist,  $C$  eine Konstante ist,  $N$  eine Anzahl von Druckköpfen ist,  $d_y$  ein

Abstand zwischen benachbarten Öffnungen in demselben Druckkopf ist und  $n$  für jeden Druckkopf eine andere ganze Zahl ist, welche die Bedingung  $0 \leq n \leq (N - 1)$  erfüllt. Wahlweise steuert die Steuerung die Verfahreinrichtung derart, dass sich diese entlang einer Richtung senkrecht zu den Öffnungslinien bewegt, wenn Konstruktionsmaterial von Öffnungen in den Druckköpfen während der Ausbildung einer Schicht abgegeben wird. Wahlweise sind die Abstände  $y(n)$  derart, dass ein Druckkopf Tropfen auf einer vorgegebenen Linie in der Schicht parallel zu den Öffnungslinien an Positionen derart ablagert, dass die Tropfen im Wesentlichen nicht mit Tropfen von Material zusammenhängen, die zuvor auf der vorgegebenen Linie von einem anderen der  $N$  Druckköpfe aufgetragen wurden. Wahlweise wird jeder Tropfen, der zwischen zwei am nächsten aneinander angeordneten, zuvor aufgetragenen Tropfen auf der vorgegebenen Linie aufgetragen wird, im gleichen Abstand zu den beiden zuvor aufgetragenen Tropfen positioniert.

**[0018]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung umfasst die wenigstens eine Registrierungsstruktur in jedem Druckkopf wenigstens einen Registrierungsstift, der von dem Druckkopf vorsteht und ein Ende aufweist, das genau relativ zu der Linie von Öffnungen positioniert ist.

**[0019]** Wahlweise ist die entsprechende Verfahreinrichtungs-Registrierungsstruktur eine Fläche, wobei der Registrierungsstift und die Registrierungsfläche derart positioniert sind, dass, wenn der Druckkopf an der Verfahreinrichtung befestigt wird, die Spitze des Stifts gegen die Fläche anschlägt. Alternativ oder zusätzlich umfasst der wenigstens eine Registrierungsstift drei Registrierungsstifte. Wahlweise ist eine Linie zwischen den Spitzen von zwei der Registrierungsstifte genau parallel zu der Linie von Öffnungen angeordnet. Wahlweise ist die Spitze eines dritten Registrierungsstiftes parallel zu der Linie von Öffnungen und weg von sämtlichen der Öffnungen um einen genauen Abstand relativ zu der ersten Öffnung versetzt.

**[0020]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung ist jeder Druckkopf mit einem Speicher verbunden. Wahlweise ist der Speicher in dem Druckkopf beinhaltet. Zusätzlich oder alternativ umfasst der Speicher Profildaten, die Betriebseigenschaften spezifizieren, die dem Druckkopf eigen sind, und welche die Steuerung zum Steuern des Druckkopfes verwendet. Wahlweise werden die Profildaten automatisch für die Steuerung zugänglich, wenn der Druckkopf an der Verfahreinrichtung befestigt wird. Zusätzlich oder alternativ ist jede Öffnung einem eigenen Betätigungselement zugeordnet, das steuerbar ist, um die Abgabe des Konstruktionsmaterials von der Öffnung zu steuern, und die Profildaten weisen Daten auf, die zum Steuern des Betätigungselementes verwendbar sind.

**[0021]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung weist die Vorrichtung eine Temperaturüberwachungseinrichtung auf, die Signale als Antwort auf die Temperatur des Druckkopfes erzeugt. Wahlweise umfasst der Speicher Kalibrierungsdaten, die eine Kennlinie der Signale mit der Temperatur des Druckkopfes korreliert.

**[0022]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung weist der Druckkopf eine Wärmequelle auf, die steuerbar ist, um den Druckkopf auf einer gewünschten Temperatur zu halten, und wobei der Speicher Daten umfasst, die zum Steuern der Wärmequelle verwendbar sind.

**[0023]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung umfasst der Speicher Daten, die zum Bestimmen der Position der Öffnungen relativ zu den Öffnungen der anderen Druckköpfe, die an der Vorrichtung befestigt sind, verwendbar sind.

**[0024]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung weist das Konstruktionsmaterial ein Fotopolymer auf. Wahlweise weist die Vorrichtung eine Lampe auf, die eine Strahlung zum Polymerisieren des Fotopolymers bereitstellt. Wahlweise stellt die Lampe einen wesentlichen Bereich der Strahlung bereit, so dass sie auf die Schichten in im Wesentlichen nicht-normalen Winkeln zu ihren Ebenen einfällt.

**[0025]** Des Weiteren wird nach einer Ausführung der Erfindung eine Vorrichtung zum Herstellen eines Objektes bereitgestellt, indem anhand von das Objekt definierenden Daten der Reihe nach übereinander dünne Schichten eines Materials ausgebildet werden, wobei die Vorrichtung umfasst:  
 wenigstens einen Druckkopf, der eine mit wenigstens einer Ausgangsöffnung ausgebildete Fläche aufweist und derart steuerbar ist, dass er ein Fotopolymermaterial in flüssiger Form durch die Öffnung abgibt;  
 eine Lampe, die Strahlung bereitstellt, die das Fotopolymer polymerisiert; und  
 eine Steuerung, die dazu geeignet ist, den Druckkopf derart zu steuern, dass er das Fotopolymer abgibt und der Reihe nach die Schichten ausbildet, und die Lampe derart zu steuern, dass sie das abgegebene Fotopolymer bestrahlt und polymerisiert; wobei ein wesentlicher Bereich einer von der Lampe bereitgestellten Strahlung so gerichtet ist, dass sie in einem im Wesentlichen nicht-normalen Winkel auf die Schichten einfällt.

**[0026]** Wahlweise umfasst die Lampe eine Strahlungsquelle und einen Reflektor, der Licht, das von der Quelle bereitgestellt wird, so reflektiert, dass es in einem im Wesentlichen nicht-normalen Winkel auf die Schichten einfällt. Zusätzlich oder alternativ ist die Größenordnung des Winkels größer als  $20^\circ$  relativ zu der Normalen zu den Schichten. Bei einigen Ausführungen der Erfindung entspricht die Größenordnung

des Winkels ungefähr  $30^\circ$  relativ zu der Normalen. Bei einigen Ausführungen der Erfindung entspricht die Größenordnung des Winkels ungefähr  $45^\circ$  relativ zu der Normalen.

**[0027]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung umfasst der Reflektor wenigstens einen Parabel-Reflektor und wenigstens ein Bereich der Lichtquelle ist an dem Fokus des Reflektors angeordnet. Wahlweise ist der Reflektor ein Polygon-Reflektor, der sich einem Parabel-Reflektor annähert. Wahlweise ist der Einfallswinkel für einen Bereich des Lichtes positiv und für einen Bereich des Lichtes negativ.

**[0028]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung ist die Strahlungsquelle eine Entladungs-Glühlampe. Wahlweise ist die Glühlampe eine Hg- oder Xe-Entladungs-Glühlampe.

**[0029]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung umfasst die Lampe LEDs, die steuerbar sind, um die Strahlung bereitzustellen, die das Fotopolymer polymerisiert.

**[0030]** Des Weiteren wird nach einer Ausführung der Erfindung eine Vorrichtung zum Herstellen eines Objektes bereitgestellt, indem anhand von das Objekt definierenden Daten der Reihe nach übereinander dünne Schichten eines Materials ausgebildet werden, wobei die Vorrichtung umfasst:

wenigstens einen Druckkopf, der derart steuerbar ist, dass er ein Fotopolymermaterial in flüssiger Form abgibt;  
 eine Lampe, die derart steuerbar ist, dass sie Strahlung bereitstellt, die das Fotopolymer polymerisiert; und  
 eine Steuerung, die dazu geeignet ist, den Druckkopf derart zu steuern, dass er das Fotopolymer abgibt und der Reihe nach die Schichten ausbildet, und die Lampe derart zu steuern, dass sie das abgegebene Fotopolymer bestrahlt und polymerisiert; wobei die Lampe eine Anordnung von LEDs umfasst, die steuerbar sind, um die Strahlung bereitzustellen, die das Fotopolymer polymerisiert.

**[0031]** Wahlweise umfasst die Vorrichtung eine Mikrolinse, die Licht von der LED zu einem Kegelstrahl von Strahlung mit einem relativ großen Kegelwinkel konfiguriert. Wahlweise ist der Kegelwinkel größer als ungefähr  $80^\circ$ . Wahlweise ist der Kegelwinkel größer als ungefähr  $100^\circ$ .

**[0032]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung ist die Anordnung von LEDs relativ weit entfernt von den Schichten angeordnet und weist einen Strahlungsleiter für jede LED in der Anordnung auf, der Strahlung von der LED zu einer Position relativ nah an den Schichten abzweigt, von der die Strahlung Regionen der Schichten bestrahlt.

**[0033]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung steuert die Steuerung Intensitäten von UV-Licht, die durch LEDs in der Anordnung bereitgestellt werden, unabhängig von Intensitäten, die von anderen LEDs in der Anordnung bereitgestellt werden.

**[0034]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung schaltet die Steuerung LEDs in der Anordnung ein und aus, um Strahlung von der Anordnung zu reduzieren, die beim Polymerisieren von Fotopolymer in den Schichten nicht effektiv ist.

**[0035]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung weist die Vorrichtung eine Wischeinrichtung auf, wobei die Steuerung dazu geeignet ist, wenigstens einen Druckkopf über die Wischeinrichtung zu bewegen, um die Fläche zu reinigen, in der die Öffnungen ausgebildet sind.

**[0036]** Des Weiteren wird nach einer Ausführung der Erfindung eine Vorrichtung zum Herstellen eines Objektes bereitgestellt, indem anhand von das Objekt definierenden Daten der Reihe nach übereinander dünne Schichten eines Materials ausgebildet werden, wobei die Vorrichtung umfasst: wenigstens einen Druckkopf, der eine mit wenigstens einer Ausgangsöffnung ausgebildete Fläche aufweist und derart steuerbar ist, dass er ein Fotopolymermaterial in flüssiger Form durch die Öffnung abgibt; eine Wischeinrichtung; und eine Steuerung, die dazu geeignet ist, den Druckkopf derart zu steuern, dass er das Fotopolymer abgibt und der Reihe nach die Schichten ausbildet, und den Druckkopf über die Wischeinrichtung zu bewegen, um die Fläche, in der die Öffnungen ausgebildet sind, zu reinigen.

**[0037]** Zusätzlich oder alternativ weist die Wischeinrichtung wenigstens ein Reinigungsblatt mit einer Kante auf, die überflüssiges Konstruktionsmaterial von der Fläche abstreift, wenn die Steuerung die Fläche derart steuert, dass sich diese über die Wischeinrichtung bewegt.

**[0038]** Wahlweise berührt die Kante wenigstens eines Reinigungsblattes die Fläche, wenn sich die Flächen über die Wischeinrichtung bewegen.

**[0039]** Wahlweise ist das Reinigungsblatt aus einem elastischen Material ausgebildet, so dass die Kante, welche die Flächen berührt, die Fläche elastisch berührt. Wahlweise umfasst die Kante ein bogenförmiges Muster und ein verschiedenes Bogenmuster entsprechend jedem Druckkopf des wenigstens einen Druckkopfes.

**[0040]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung umfasst der wenigstens eine Druckkopf eine Mehrzahl von Druckköpfen.

**[0041]** Wahlweise ist das Reinigungsblatt mit wenigstens einem Schlitz ausgebildet, der das Reinigungsblatt in eine Mehrzahl von Zähnen unterteilt, die jeweils eine Kante aufweisen, die eine Öffnungsfläche eines anderen der Mehrzahl von Druckköpfen berührt und überschüssiges Konstruktionsmaterial von der Fläche abstreift.

**[0042]** Zusätzlich oder alternativ umfasst das wenigstens eine Reinigungsblatt wenigstens zwei Reinigungsblätter. Wahlweise weist ein Reinigungsblatt der wenigstens zwei Reinigungsblätter eine Kante auf, welche die Öffnungsfläche eines Druckkopfes nicht berührt, sondern sich entlang und in enger Nähe zu der Fläche bewegt, wenn die Steuerung die Fläche derart steuert, dass sie sich über die Wischeinrichtung bewegt. Wahlweise bewegen sich, wenn sich die Fläche über die Wischeinrichtung bewegt, Regionen der Fläche über die Kante, welche die Fläche nicht berührt, bevor sie die Kante berühren, welche die Flächen berührt.

**[0043]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung weist die Vorrichtung ein Hinderniserfassungssystem auf, das Defekte in einer Schicht erfasst, die von einer Fläche der Schicht vorstehen. Wahlweise weist das Hinderniserfassungssystem auf: einen Laser, der einen Laserstrahl bereitstellt, der die Fläche der Schicht kontaktiert oder der entlang einer Länge des Laserstrahls nahe der Fläche der Schicht angeordnet ist; und einen Detektor, der Licht von dem Laserstrahl empfängt; wobei Licht, das der Detektor von dem Laserstrahl empfängt, zumindest teilweise durch einen Defekt, der von der Fläche vorsteht, gesperrt wird.

**[0044]** Ein Aspekt einiger Ausführungen der Erfindung betrifft das Bereitstellen neuer Konstruktionsmaterialien zur Verwendung bei einer Tintenstrahl-Schnellherstellungsvorrichtung, die bei Verwendung zum Konstruieren eines Objektes dazu führen, dass das Objekt verbesserte strukturelle Festigkeit relativ zu derjenigen aufweist, die es haben würde, wenn es unter Verwendung von Tintenstrahl-Konstruktionsmaterialien nach dem Stand der Technik hergestellt worden wäre.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

**[0045]** Nichtbeschränkende Beispiele von Ausführungen der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden mit Bezugnahme auf hieran angehängte Figuren beschrieben, die im Anschluss an diesen Absatz aufgelistet sind. In den Figuren sind identische Strukturen, Elemente oder Teile, die in mehr als einer Figur erscheinen, im Allgemeinen in allen Figuren, in denen sie erscheinen, mit einer gleichen Ziffer gekennzeichnet. Die Maße von Bauteilen und Merkmalen, die in den Figuren gezeigt werden, wurden zur Vereinfachung und Verdeutlichung der Darstellung ausgewählt und werden nicht notwendigerweise

maßstabsgerecht gezeigt.

[0046] [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine Schnellherstellungsvorrichtung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0047] [Fig. 2A](#) zeigt schematisch eine perspektivische Unteransicht einer Vorrichtung, die in der in [Fig. 1](#) gezeigten Schnellherstellungsvorrichtung beinhaltet ist und einzeln ersetzbare Druckköpfe aufweist, nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0048] [Fig. 2B](#) zeigt schematisch eine Unteransicht der in [Fig. 2A](#) gezeigten Vorrichtung;

[0049] [Fig. 2C](#) zeigt schematisch die in den [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2B](#) gezeigte Vorrichtung, wobei ihre Druckköpfe entfernt sind;

[0050] [Fig. 2D](#) zeigt schematisch einen Druckkopf nach einer Ausführung der Erfindung;

[0051] [Fig. 2E](#) und [Fig. 2F](#) zeigen schematisch eine Perspektiv- bzw. eine Querschnittsansicht eines Systems zum Bereitstellen von Konstruktionsmaterial für Druckköpfe in einer Schnellherstellungsvorrichtung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0052] [Fig. 3A](#) stellt schematisch Linien dar, an denen entlang unterschiedliche Ausgangsöffnungen des Druckkopfes Konstruktionsmaterial abgeben, um eine Konstruktionsschicht eines Objektes auszubilden, nach einer Ausführung der Erfindung;

[0053] [Fig. 3B](#) zeigt einen Abschnitt von [Fig. 3A](#), der zur Erleichterung der Darstellung vergrößert ist;

[0054] [Fig. 4A](#) stellt schematisch ein Verfahren nach dem Stand der Technik zum Abgeben von Konstruktionsmaterial dar, um eine Konstruktionsschicht herzustellen;

[0055] [Fig. 4B](#) stellt schematisch ein Verfahren nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung zum Abgeben von Konstruktionsmaterial dar, um eine Konstruktionsschicht herzustellen;

[0056] [Fig. 4C](#) zeigt schematisch eine Vorrichtung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung, die zum Abgeben von Konstruktionsmaterial konfiguriert ist, wie in [Fig. 4B](#) dargestellt;

[0057] [Fig. 5](#) zeigt schematisch eine Unteransicht einer anderen Vorrichtung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0058] [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6C](#) zeigen schematisch eine perspektivische Teilschnittansicht bzw. als Querschnitt ausgeführte Ansichten einer Lampe nach ei-

ner Ausführung der Erfindung, die UV-Licht zum Polymerisieren von Konstruktionsmaterial bereitstellt;

[0059] [Fig. 6D](#) zeigt eine grafische Darstellung, die relative Intensität von Licht von einer UV-Lampe, das von einer Konstruktionsschicht, die von der in [Fig. 1](#) gezeigten Schnellherstellungsvorrichtung ausgebildet wird, reflektiert wird, als eine Funktion von Höhe über der Schicht der Öffnung, durch welche die Lampe das Licht bereitstellt, grafisch darstellt;

[0060] [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) zeigen schematische Querschnittsansichten anderer UV-Lampen nach Ausführungen der vorliegenden Erfindung;

[0061] [Fig. 8](#) zeigt schematisch UV-Lampen, die LEDs zum Bereitstellen polymerisierenden UV-Lichts umfassen, nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0062] [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) zeigen schematisch Perspektivansichten einer Vorrichtung, die UV-Lampen aufweist, die LEDs umfassen, die relativ weit weg von Konstruktionsschichten, zu deren Ausbildung die Vorrichtung gesteuert wird, angeordnet sind, nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0063] [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) zeigen schematisch eine Perspektivansicht bzw. eine als Querschnitt ausgeführte Ansicht einer Vorrichtung, die wartungsgemäßem Reinigen unterzogen wird, nach einer Ausführung der Erfindung;

[0064] [Fig. 10C](#) bis [Fig. 10D](#) zeigen schematisch Varianten von Reinigungsblättern, die zum Reinigen einer Vorrichtung verwendet werden, nach einer Ausführung der Erfindung;

[0065] [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) zeigen schematisch eine Perspektivansicht bzw. eine als Querschnitt ausgeführte Ansicht einer anderen Reinigungsblattkonfiguration nach einer Ausführung der Erfindung;

[0066] [Fig. 11C](#) zeigt schematisch eine Perspektivansicht einer Variante des in den [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) gezeigten Reinigungsblattes nach einer Ausführung der Erfindung;

[0067] [Fig. 12A](#) zeigt schematisch ein System zum Erfassen von Protuberanzen auf einer von einer Schnellherstellungsvorrichtung ausgebildeten Konstruktionsschicht nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0068] [Fig. 12B](#) und [Fig. 12C](#) zeigen schematische Querschnittsansichten des in [Fig. 12A](#) gezeigten Systems;

[0069] [Fig. 12D](#) zeigt schematisch eine Variante



des in [Fig. 12A](#) gezeigten Systems nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

**[0070]** [Fig. 13](#) zeigt eine schematische grafische Darstellung, die Interdependenz von Parametern darstellt, welche die Leistung einer Schnellherstellungsvorrichtung nach einer Ausführung der Erfindung charakterisieren; und

**[0071]** [Fig. 14](#) zeigt schematisch ein Verfahren zum Herstellen einer relativ dünnen Konstruktionsschicht mit relativ hoher Druckauflösung nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG BEISPIELHAFTER AUSFÜHRUNGEN

**[0072]** [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine Tintenstrahl-Schnellherstellungsvorrichtung **20**, die ein Objekt **22** auf einer Konstruktionsplattform **24** herstellt, nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung. Die Schnellherstellungsvorrichtung **20** umfasst eine Steuerung **26** und eine Verfahreneinrichtung **28**, die einen Druckkopfblock **50**, eine Nivellierwalze **27** und wahlweise zwei Quellen **120** von Strahlung umfasst, die zum Polymerisieren von Fotopolymeren geeignet ist, die von der Schnellherstellungsvorrichtung zum Konstruieren von Objekten verwendet werden, nach einer Ausführung der Erfindung. Wahlweise ist die Konstruktionsplattform **24** an einem Arbeitstisch **25** montiert und ist derart steuerbar, dass sie in Bezug auf den Arbeitstisch gesenkt und angehoben werden kann.

**[0073]** Die Steuerung **26** der Schnellherstellungsvorrichtung **20** bewegt während der Herstellung des Objektes **22** die Verfahreneinrichtung **28** periodisch zu einem Wartungsbereich **220** auf dem Arbeitstisch **25**, der einen Sumpf **222** und wenigstens ein Reinigungsblatt umfasst. Als Beispiel umfasst der Wartungsbereich **220** zwei Reinigungsblätter, ein erstes Reinigungsblatt **225** und ein zweites Reinigungsblatt **227**. In dem Wartungsbereich **220** führt die Steuerung **26** einen Reinigungsvorgang durch, um Konstruktionsmaterialabfälle, „Rückstände“, zu entfernen, die sich an Druckköpfen, die in dem Druckkopfblock **50** beinhaltet sind, ansammeln können. Der Wartungsbereich **220** und der Reinigungsvorgang werden im Folgenden besprochen.

**[0074]** Zur Vereinfachung wird angenommen, dass Fotopolymere, die von der Schnellherstellungsvorrichtung **20** verwendet werden, UV-härtbar sind und dass Strahlungsquellen **120** UV-Lampen sind. Die Schnellherstellungsvorrichtung **20** wird sehr schematisch gezeigt und es werden in [Fig. 1](#) lediglich Merkmale und Bauteile der Schnellherstellungsvorrichtung gezeigt, die für die Besprechung relevant sind. Ein Koordinatensystem **21** wird verwendet, um auf Orte und Positionen von Merkmalen und Bauteilen

der Schnellherstellungsvorrichtung **20** Bezug zu nehmen.

**[0075]** Um das Objekt **22** herzustellen, steuert die Steuerung **26** die Verfahreneinrichtung **28** derart, dass sie sich, wahlweise parallel zu der x-Achse in Richtungen, die durch einen Blockpfeil **31** mit doppelter Spitze angezeigt werden, über der Konstruktionsplattform **24** hin- und herbewegt. Nach einer Umkehr oder mehreren Umkehren der Richtung entlang der x-Achse kann die Steuerung die Verfahreneinrichtung **28** um einen inkrementellen Abstand, wahlweise parallel zu der y-Achse entlang einer Richtung, die durch den Blockpfeil **32** angezeigt wird, vorwärts bewegen. Wenn sich die Verfahreneinrichtung **28** über die Konstruktionsplattform **24** bewegt, steuert die Steuerung **26** die Druckköpfe anhand von das Objekt **22** definierenden Konstruktionsdaten derart, dass sie Konstruktionsmaterial (Baumaterial, BM, und/oder Stützmaterial, SM, je nach Bedarf) abgeben und Konstruktionsschichten **34** ausbilden, die zum Herstellen des Objektes verwendet werden.

**[0076]** Nachdem Konstruktionsmaterial frisch gedruckt wurde, um eine Region einer vorgegebenen Konstruktionsschicht **34** auszubilden, berührt die Nivellierwalze **27** die Region und schlichtet und glättet sie zu einer gewünschten Dicke, indem ein oberer Abschnitt des gedruckten Materials abgeschält wird. Um die Abschälwirkung zu erreichen, dreht sich die Walze **27** in eine Richtung, in die sie sich drehen würde, wenn sie auf der Konstruktionsschicht in eine Richtung rollen würde, entlang der sich die Verfahreneinrichtung **28** vorwärts bewegt, jedoch mit einer Drehgeschwindigkeit, die größer ist als die, die der linearen Geschwindigkeit der Vorwärtsbewegung der Verfahreneinrichtung entspricht. Eine geeignete Wisch- und Abfallmaterial-„Auffangeinrichtung“ (nicht gezeigt), die in der Verfahreneinrichtung **28** montiert ist, wischt Konstruktionsmaterialabfall von der Walze **27**.

**[0077]** Die Konstruktionsschichten **34** werden in eine Richtung, d. h. eine Schichtungsrichtung, senkrecht zu der Konstruktionsplattform **24** parallel zu der z-Achse geschichtet. Im Anschluss an die Ausbildung einer vorgegebenen Konstruktionsschicht **34** wird wahlweise die Konstruktionsplattform **24** um einen Abstand gesenkt, der im Wesentlichen einer Dicke einer nächsten Konstruktionsschicht entspricht, die auf der vorgegebenen Konstruktionsschicht auszubilden ist. Zur Vereinfachung der Darstellung ist die Dicke von Konstruktionsschichten **34** in [Fig. 1](#) stark übertrieben.

**[0078]** Als Beispiel ist das Objekt **22** eine Kopie einer Vase **36**, die in einem Einschub **38** gezeigt wird, und wird auf der Konstruktionsplattform **24** teilweise konstruiert gezeigt. Die Vase **36** wird schematisch derart gezeigt, dass sie aus „Datenquerschnittsschichten“ **40** ausgebildet ist, die durch die Konstruk-



tionsdaten der Vase definiert werden. Ein Blockpfeil **42** zeigt schematisch an, dass die Konstruktionsdaten in die Steuerung **26** eingegeben werden und/oder anhand von entsprechenden Eingangsdaten in der Steuerung **26** erzeugt werden und geeignet formatiert werden, um das Herstellen von Konstruktionschichten **34** zu steuern.

[0079] **Fig. 2A** zeigt die Verfahreneinrichtung **28** schematisch in einer Perspektivansicht aus der Sicht des unteren Teils der Verfahreneinrichtung. Aus der Perspektive von **Fig. 2A** sind die x-Achse und die z-Achse des Koordinatensystems **21** in Bezug auf die in **Fig. 1** gezeigten Richtungen dieser Achsen umgekehrt.

[0080] Der Druckkopfblock **50** ist wahlweise mit einer Mehrzahl von Sockeln **51** ausgebildet, wobei jeder von ihnen dazu geeignet ist, einen Druckkopf **52** aufzunehmen, der in den Sockel eingesetzt und aus diesem entfernt werden kann, unabhängig davon, dass ein Druckkopf in andere der Sockel eingesetzt oder aus anderen der Sockel entfernt werden muss. Die Sockel **51** werden deutlicher in den **Fig. 2B** und **Fig. 2C** gezeigt, welche die Verfahreneinrichtung **28**, von unten gesehen, mit Druckköpfen **52** bzw. ohne Druckköpfe **52** in die Sockel eingesetzt zeigen. **Fig. 2D** zeigt schematisch einen Druckkopf **52** nach einer Ausführung der Erfindung für sich selbst, wobei Einzelheiten des Druckkopfes deutlicher gezeigt werden als in den **Fig. 2A** bis **Fig. 2C**.

[0081] Als Beispiel umfasst der Block **50** acht Sockel **51**. Wahlweise werden unterschiedliche Druckköpfe **52** oder unterschiedliche Gruppen von Druckköpfen **52** dem Drucken unterschiedlicher Konstruktionsmaterialien zugeordnet. Zum Beispiel können einige der Druckköpfe **52** lediglich dem Drucken von BM oder eines bestimmten Typs von BM zugeordnet sein, während andere Druckköpfe **52** lediglich dem Drucken von SM oder eines bestimmten Typs von SM zugeordnet sein können. Die Druckköpfe **52** können im Wesentlichen auf eine Weise als BM oder SM zugeordnete Druckköpfe ausgewiesen und konfiguriert sein. Zum Beispiel kann sich eine Anzahl von Druckköpfen **52**, die dem Drucken von BM zugeordnet sind, von einer Anzahl von Druckköpfen **52** unterscheiden, die dem Drucken von SM zugeordnet sind. Zusätzlich oder alternativ können benachbarte Druckköpfe **52** dem Drucken unterschiedlicher Konstruktionsmaterialien, einer dem Drucken von BM und der andere dem Drucken von SM, zugeordnet sein.

[0082] Als Beispiel wird angenommen, dass bei dem Druckkopf **50** eine Gruppe von vier in die Sockel **51** eingesetzten Druckköpfen **52**, angezeigt durch die Klammer **54**, dem Drucken von BM zugeordnet ist, und bei einer Gruppe von vier in die Sockel **51** eingesetzten Druckköpfen **52**, angezeigt durch eine Klammer **53**, wird angenommen, dass sie dem Drucken

von SM zugeordnet ist. Wo die Vereinfachung dies rechtfertigt, werden die durch die Klammer **53** angezeigten Sockel **51** außerdem als die Sockel **53** bezeichnet und die durch die Klammer **54** angezeigten Sockel **51** werden außerdem als die Sockel **54** bezeichnet.

[0083] Der Druckkopfblock **50** und die Druckköpfe **52** sind nach einer Ausführung der Erfindung derart konfiguriert, dass jeder Druckkopf relativ einfach ersetzt werden kann, wie dies zum Beispiel auf Grund von Beschädigung erforderlich oder durch einen Wartungsplan angezeigt sein kann. Wahlweise sind alle Druckköpfe **52** im Wesentlichen gleich.

[0084] Jeder Druckkopf **52** umfasst ein Gehäuse **56**, das am deutlichsten in **Fig. 2D** gezeigt wird und das mit einer Mehrzahl von kollinearen, wahlweise gleichmäßig voneinander beabstandeten Ausgangsöffnungen **58** ausgebildet ist, durch die Konstruktionsmaterial abgegeben wird. Zur Erleichterung zeigt eine gestrichelte Linie **59**, die in **Fig. 2D** gezeigt wird und die für einige Druckköpfe **52** in den **Fig. 2A** und **Fig. 2B** gezeigt wird, eine Linie an, an der entlang kollineare Öffnungen **58** angeordnet sind. Im Folgenden wird in der Besprechung der **Fig. 2E** und **Fig. 2F** eine Beschreibung von Verfahren und Vorrichtungen zum Bereitstellen von Konstruktionsmaterial für Druckköpfe **52** nach einer Ausführung der Erfindung angegeben.

[0085] Eine Leiterplatte **55** umfasst Schaltungen **57** zum Steuern piezoelektrischer Betätigungselemente (nicht gezeigt), die in dem Gehäuse **56** beinhaltet sind und die betätigt werden, um Konstruktionsmaterial durch Öffnungen **58** und andere Bauteile des Druckkopfes **52** abzugeben. Verbinder **47** verbinden die Leiterplatte **55** mit Schaltungen in dem Druckkopfblock **28**, die mit der Steuerung **26** (**Fig. 1**) verbunden sind. Nach einer Ausführung der Erfindung umfasst die Leiterplatte **55** einen Speicher **49**, der Daten, „Profildaten“, aufweist, die Betriebseigenschaften des Druckkopfes **52** spezifizieren. Profildaten, die wahlweise in dem Speicher **49** beinhaltet sind, werden im Folgenden besprochen.

[0086] Die Druckköpfe **52** und der Druckkopfblock **50** umfassen entsprechende Ausrichtungsmerkmale. Einige der Ausrichtungsmerkmale wirken zusammen, um einen Druckkopf **52** automatisch auszurichten, wenn der Druckkopf in einen der Sockel **51** eingesetzt wird, so dass seine Linie **59** von Ausgangsöffnungen **58** parallel zu einer selben Linie ist, die wahlweise die y-Achse ist. Die Linien **59** von Öffnungen **58** in allen Druckköpfen **52**, die an dem Druckkopfblock **50** montiert sind, sind daher zu einem relativ hohen Grad von Genauigkeit parallel zueinander. Wahlweise sind die Linien **59** von Öffnungen **58** in den Druckköpfen **52** gleichmäßig voneinander beabstandet.

[0087] Einige der entsprechenden Ausrichtungsmerkmale wirken zusammen, um Druckköpfe 52 derart auszurichten, dass wahlweise die y-Koordinaten von Öffnungen in unterschiedlichen Druckköpfen, die dem Drucken eines selben Konstruktionsmaterials zugeordnet sind, unterschiedlich sind. Zum Beispiel sind nach einer Ausführung der Erfindung die y-Koordinaten von Öffnungen 58 in unterschiedlichen Druckköpfen 52, die in die Sockel 53 (d. h. die durch die Klammer 53 angezeigten Sockel 51) eingesetzt sind, unterschiedlich. In ähnlicher Weise sind, während die y-Koordinaten von Öffnungen 58 in einem Druckkopf 52, der in einen Sockel 54 (d. h. ein durch die Klammer 54 angezeigter Sockel 51) eingesetzt ist, dieselben sein können wie die y-Koordinaten von Öffnungen in einem Druckkopf 52, der in einen Sockel 53 eingesetzt ist, die y-Koordinaten von Öffnungen 58 in zwei unterschiedlichen Druckköpfen 52 in den Sockeln 54 unterschiedlich. Wahlweise ist die Konfiguration von Druckköpfen in den Sockeln 54 dieselbe wie die von Druckköpfen in den Sockeln 53 und die Besprechung im Folgenden ist, während sie sich auf Druckköpfe in den Sockeln 54 bezieht, so zu verstehen, dass sie wahlweise für Druckköpfe in Sockeln 53 gilt.

[0088] Eine erste Öffnung 58 in jedem Druckkopf 52 sei eine Öffnung, die der xz-Ebene am nächsten ist (Fig. 2A), und ein Abstand zwischen benachbarten Öffnungen in einem selben Druckkopf sei „ $d_y$ “. Wahlweise weist die y-Koordinate der ersten Öffnung in jedem Druckkopf 52, der in einem Sockel 54 angeordnet ist, einen Wert auf, der durch eine Gleichung der folgenden Form angegeben wird:

$$y = C + n(d_y/N) = C + n\Delta d_y, \quad 1)$$

wobei N eine Anzahl von Sockeln 54 ist,  $\Delta d_y = d_y/N$  und für jeden Sockel n eine andere ganze Zahl ist, welche die Bedingung  $0 \leq n \leq (N - 1)$  erfüllt.

[0089] Wahlweise umfassen die Ausrichtungsmerkmale für jeden Druckkopf 52 zwei x-Ausrichtungsstifte 60 und einen y-Ausrichtungsstift 62 (am deutlichsten in den Fig. 2B und Fig. 2D gezeigt). Wahlweise weist jeder x-Stift ein abgerundetes Ende mit einer Spitze 61 auf und jeder y-Stift 62 weist ein abgerundetes Ende mit einer Spitze 63 auf. Die Spitze 61 jedes x-Stiftes 60 ist um einen selben genauen Abstand  $\Delta x$  entlang der x-Achse relativ zu der x-Koordinate der Linie 59 versetzt. Wahlweise ist  $\Delta x$  im Wesentlichen für alle Druckköpfe 52 gleich. Die Spitze 63 des y-Stiftes 62 ist um einen genauen Abstand  $\Delta y$  entlang der y-Achse zu der y-Koordinate der ersten Öffnung des Druckkopfes 52 versetzt. Wahlweise ist  $\Delta y$  im Wesentlichen für alle Druckköpfe 52 gleich.

[0090] Jeder Sockel 54 umfasst zwei x-Ausrichtungsknöpfe 64 und einen y-Ausrichtungsknopf 66, die den x-Ausrichtungsstiften 60 bzw. dem y-Ausrich-

tungsstift 62 entsprechen, die in jedem Druckkopf 52 beinhaltet sind. Die x-Ausrichtungsknöpfe 64 werden in Fig. 2A nicht gezeigt, sondern werden schematisch in Fig. 2B und am deutlichsten in Fig. 2C gezeigt. Jeder x-Ausrichtungsknopf 64 weist eine selbe genau gesteuerte Länge auf und endet in einer planaren „Ausrichtungsfläche“ 65. Jeder Sockel 54 umfasst wenigstens ein elastisches Element 68, wie eine Blatt- oder Schraubenfeder. Wenn ein Druckkopf 52 in den Sockel 54 eingesetzt wird, drückt das wenigstens eine elastische Element 68 den Druckkopf derart, dass die Spitzen 61 seiner x-Ausrichtungsstifte 60 die x-Ausrichtungsflächen 65 der Ausrichtungsknöpfe 64 in dem Sockel berühren. Die Konfiguration der x-Ausrichtungsstifte 60 und -knöpfe 64 führt dazu, dass die Linien 59 von Öffnungen 58 der in die Sockel 51 eingesetzten Druckköpfe 52 relativ genau parallel sind.

[0091] Jeder y-Knopf 66, der in den Sockeln 54 beinhaltet ist, weist eine unterschiedliche Länge auf, die wahlweise durch Gleichung 1 angegeben wird, und endet in einer planaren Ausrichtungsfläche 67. Ein elastisches Element 69, das in jedem Sockel 54 beinhaltet ist, bringt einen in den Sockel eingesetzten Druckkopf 52 elastisch dazu, dass die y-Ausrichtungsspitze 63 des Druckkopfes gegen die y-Ausrichtungsfläche 67 des in dem Sockel beinhalteten Ausrichtungsknopfes drückt. Die Konfiguration von y-Ausrichtungsstiften 62 und -knöpfen 66 ergibt, dass die erste Öffnung 58 jedes Druckkopfes 52, der in einen anderen der Sockel 54 eingesetzt ist, eine unterschiedliche y-Koordinate aufweist, die wahlweise durch Gleichung 1 angegeben wird. Die Öffnungen 58 jedes Druckkopfes 52 in einem Sockel 54 sind dadurch relativ zu den Öffnungen der anderen Druckköpfe in den Sockeln 54 um ein unterschiedliches Vielfaches von  $(d_y/N) = \Delta d_y$  versetzt. Projektionen von Öffnungen 58 von allen Druckköpfen 52 in den Sockeln 54 auf einer Linie parallel zu der y-Achse sind entlang der Linie um einen  $\Delta d_y$  entsprechenden Abstand gleichmäßig voneinander beabstandet. Als Beispiel nimmt bei der in Fig. 1 gezeigten Konfiguration von Sockeln 54 und y-Ausrichtungsknöpfen 66 die Versetzung von Druckköpfen 54 entlang der y-Achse mit dem Anstieg der x-Koordinate der Druckköpfe relativ zu der x-Koordinate des festen Merkmals des Druckkopfblocks 50 linear ab.

[0092] Fig. 2E zeigt schematisch eine Perspektivansicht des Druckkopfblocks 50 mit der rechten Seite nach oben und den Druckköpfen 52 in dem Block montiert, der mit den in dem Druckkopfblock beinhalteten Vorratsbehältern 401, 402, 403 und 404 verbunden ist, die Konstruktionsmaterial speichern, das den Druckköpfen bereitgestellt wird. Die Druckköpfe und Vorratsbehälter werden durch den in gestrichelten Linien gezeigten Druckkopfblock hindurch gesehen gezeigt. Fig. 2F zeigt schematisch eine Querschnittansicht eines in Fig. 2E gezeigten Druckkop-

fes 52.

**[0093]** Die Druckköpfe 52, die in den Sockeln 54 angeordnet sind (Fig. 2B und Fig. 2C) und wahlweise Baumaterial (BM) drücken, werden durch eine Klammer mit der Kennzeichnung „BM“ angezeigt und werden als BM-Druckköpfe bezeichnet. Jeder BM-Druckkopf 52 ist mit Vorratsbehältern 401 und 403 verbunden, die BM speichern und den Druckköpfen BM bereitstellen. Eine Zuführleitung 409 verbindet den Vorratsbehälter 401 mit einer „Zuführpumpe“ (nicht gezeigt), die BM, wahlweise aus einer BM-Zuführpatrone, die im Allgemeinen in einem Abstand zu dem Druckkopfblock 50 angeordnet ist, zu dem Vorratsbehälter 401 pumpt. Ein Rückflusssperrventil 411 verbindet den Vorratsbehälter 403 wahlweise mit einer Vakuumpumpe (nicht gezeigt), die einen geringfügigen Unterdruck in den Vorratsbehältern 401 und 402 hält.

**[0094]** Auf ähnliche Weise zeigt eine mit „SM“ gekennzeichnete Klammer Druckköpfe 52 an, die in den Sockeln 53 angeordnet sind und wahlweise Stützmaterial (SM) drücken, und diese werden als SM-Druckköpfe bezeichnet. Jeder SM-Druckkopf 52 ist mit Vorratsbehältern 402 und 404 verbunden, die SM speichern und den SM-Druckköpfen SM bereitstellen. Eine Zuführleitung 410 verbindet den Vorratsbehälter 402 mit einer Pumpe, die SM-Material aus einer BM-Zuführpatrone pumpt. Ein Rückflusssperrventil 412 verbindet den Vorratsbehälter 404 mit einer Vakuumpumpe (nicht gezeigt).

**[0095]** Der Betrieb der Vorratsbehälter 401 und 403, die den BM-Druckköpfen 52 BM zuführen, ist wahlweise identisch mit dem Betrieb der Vorratsbehälter 402 und 404, die SM-Druckköpfen 52 SM zuführen, und der Betrieb der Vorratsbehälter wird mit Bezugnahme auf die Vorratsbehälter 401 und 403 und die BM-Druckköpfe 52 beschrieben.

**[0096]** Mit Bezugnahme auf Fig. 2F ist das Gehäuse 56 des BM-Druckkopfes 52 mit einem Verteiler 420 ausgebildet, der den Vorratsbehälter 401 und 403 verbindet und ermöglicht, dass BM, das die Zuführpumpe zu dem Vorratsbehälter 401 pumpt, frei in den Vorratsbehälter 403 fließen kann. Ein Sensor (nicht gezeigt) erzeugt Signale als Antwort auf eine Höhe, zu der BM die Vorratsbehälter 401 und 403 füllt. Die Zuführpumpen-Steuerschaltungen (nicht gezeigt) steuern den Betrieb der Zuführpumpe derart, dass ein gewünschter Pegel von BM in den Vorratsbehältern 401 und 403 gehalten wird. Fig. 2F zeigt schematisch die Vorratsbehälter 401, 403 und den Verteiler 420 mit BM gefüllt, wie durch die Schattierung 418 angezeigt.

**[0097]** Eine kleine Versorgungsleitung 422, die aus Abschnitten mit wahlweise unterschiedlichen Durchmesser ausgebildet ist, wie auf dem Gebiet be-

kannt, verbindet jede Ausgangsöffnung 58 mit dem Verteiler 420 und ist mit einem piezoelektrischen Betätigungselement (nicht gezeigt) verbunden. Die Steuerung 26 (Fig. 1) steuert das mit jeder Versorgungsleitung 420 verbundene piezoelektrische Betätigungselement derart, dass BM 418 aus dem Verteiler 420 gezogen wird und gewünschte Mengen des BM aus der Ausgangsöffnung 58 ausgetrieben werden, die mit der Versorgungsleitung 58 verbunden ist.

**[0098]** Um ungewolltes Tropfen von BM aus den Öffnungen 58 zu verhindern, hält die wahlweise mit dem Vorratsbehälter 403 verbundene Vakuumpumpe einen geringfügigen Unterdruck in den Vorratsbehältern 401 und 403. Das Rückflusssperrventil 411 verhindert, dass BM in dem Vorratsbehälter 403 unbeabsichtigt in die Vakuumpumpe gezogen wird. Das Rückflusssperrventil 411 kann gemäß einem von verschiedenen Verfahren und einer von verschiedenen Vorrichtungen, die auf dem Gebiet bekannt sind, arbeiten. Wahlweise umfasst das Rückflusssperrventil einen Schwimmer, der steigt, um eine Öffnung in dem Ventil, durch welche die Vakuumpumpe Luft ansaugt, zu schließen, falls und wenn BM in das Ventil eintritt und über einen vorgegebenen Pegel steigt.

**[0099]** Die Erfinder haben festgestellt, dass ein Druck in den Vorratsbehältern 401 und 403 zwischen ungefähr 2 und ungefähr 9 mm H<sub>2</sub>O unter dem atmosphärischen Druck vorteilhaft ist, um ungewolltes Tropfen von BM aus den Öffnungen 58 zu verhindern. Das Überwachen von Unterdruck in den Vorratsbehältern 401 und 403 sowie das Steuern der Vakuumpumpe, die den Druck hält, können unter Verwendung verschiedener Verfahren und Vorrichtungen, die auf dem Gebiet bekannt sind, vollzogen werden. Bei einigen Ausführungen der Erfindung arbeitet die Vakuumpumpe kontinuierlich, um Luft aus dem Vorratsbehälter 403 zu ziehen, und Luft strömt durch wenigstens eine Entlüftungsöffnung langsam in den Vorratsbehälter 401 und/oder 403. Geeignete Steuerschaltungen steuern die Vakuumpumpe derart, dass eine Rate, mit der die Pumpe Luft aus dem Vorratsbehälter 403 zieht, und eine Rate, mit der Luft durch die wenigstens eine Entlüftungsöffnung in den Vorratsbehälter 401 und/oder 403 strömt, abgeglichen werden und der gewünschte geringfügige Unterdruck gehalten wird. Bei einigen Ausführungen der Erfindung steuern Steuerschaltungen die Vakuumpumpe derart, dass sie lediglich dann arbeitet, wenn der Druck in dem Vorratsbehälter 403 über einen gewünschten Druck steigt.

**[0100]** Wenn sich die Verfahrenrichtung 28 entlang der x-Achse bewegt und Konstruktionsmaterial abgibt, um eine Konstruktionsschicht 34 zu drücken (Fig. 1), werden Tropfen von Konstruktionsmaterial nach Bedarf aus jeder Öffnung 58 der Druckköpfe 52 auf die Konstruktionsplattform 24 oder auf eine zuvor ausgebildete Schicht 34 entlang einer Linie, hierin im

Folgenden eine „Auftragungslinie“, parallel zu der x-Achse, abgegeben. Auftragungslinien für Öffnungen **58** in einem selben Druckkopf **52**, die BM abgeben (d. h. Öffnungen in einem Druckkopf **52** in einem Sockel **54**), sind um einen Abstand, der  $\Delta d_y$  (Gleichung 1) entspricht, gleichmäßig voneinander beabstandet. Eine räumliche Auflösung, hierin im Folgenden eine „primäre“ y-Auflösung  $PR_y$ , entlang der y-Achse entspricht daher  $\Delta d_y$  und Konstruktionsmaterial wird wahlweise in Tropfen, die ausreichend Material umfassen, aufgetragen, so dass sich Material, das entlang benachbarten Auftragungslinien aufgetragen wird, mischt, um eine glatte Konstruktionsschicht mit im Wesentlichen einheitlicher Dicke auszubilden.

**[0101]** Die Auftragungslinien werden schematisch durch die Linien **70** in der [Fig. 3A](#) für einige Öffnungen **58** der Druckköpfe **52** in den Sockeln **54** angezeigt. Auch wenn die Auftragungslinien **70** Linien entlang einer durch die Schnellherstellungsvorrichtung **20** ausgebildeten Konstruktionsfläche sind, werden die Auftragungslinien zur Vereinfachung der Darstellung so gezeigt, dass sie auf den unteren Teil des Druckkopfblockes **50** projiziert werden, um ihre Beziehung zu den Öffnungen **58** zu zeigen, die ihre Positionen bestimmen. [Fig. 3B](#) zeigt einen vergrößerten Abschnitt von [Fig. 3A](#), in dem die Auftragungslinien **70** und ihre relativen Positionen leichter zu sehen sind als in [Fig. 3A](#).

**[0102]** Es ist zweckmäßig, die Druckköpfe **52** in den Sockeln **54** mit indizierten Kennzeichnungen  $P_k$ ,  $1 \leq k \leq 4$ , und die Auftragungslinien **70** mit der indizierten Kennzeichnung  $DL_1, DL_2, \dots, DL_M$ , die in der [Fig. 3B](#) gezeigt werden (M entspricht der Anzahl von Öffnungen **58** in einem Druckkopf  $P_k$  mal Anzahl von Druckköpfen, d. h. wahlweise vier), zu individualisieren. Jede vierte Auftragungslinie **70** ist mit einer Ausgangsöffnung **58** in einem selben Druckkopf  $P_1, P_2, P_3$  oder  $P_4$  in einem Sockel **54** verbunden. Zum Beispiel sind die Auftragungslinien  $DL_1, DL_5, DL_9, \dots$  mit dem Druckkopf  $P_1$  verbunden.

**[0103]** Auf Grund des Abstands zwischen benachbarten Linien **59** von Ausgangsöffnungen **58** in dem Druckblock **50** wird, während sich die Vorrichtung **28**, zum Beispiel entlang der positiven x-Achse, bewegt, Konstruktionsmaterial für Positionen an einer selben vorgegebenen x-Koordinate in einer Konstruktionsschicht zu unterschiedlichen Zeitpunkten von unterschiedlichen Druckköpfen abgegeben. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Vorrichtung **28** entlang der x-Richtung bewegt, sei  $V_s$  und ein Abstand zwischen Öffnungslinien **59** in benachbarten Druckköpfen **52** sei  $d_x$ . Dann entspricht eine Zeitverzögerung „ $t_d$ “ zwischen Zeitpunkten, zu denen Konstruktionsmaterial von benachbarten Druckköpfen **52** an Positionen in einer Konstruktionsschicht mit einer selben vorgegebenen x-Koordinate abgegeben wird,

ungefähr  $d_x/V_s$ .

**[0104]** Wenn zum Beispiel der Druckkopf  $P_1$  Konstruktionsmaterial an einer vorgegebenen x-Koordinate entlang den Auftragungslinien  $DL_1, DL_5, DL_9, \dots$  zu einem Zeitpunkt  $t_1$  aufträgt, dann trägt der Druckkopf  $P_2$  Konstruktionsmaterial an derselben vorgegebenen x-Koordinate entlang den Auftragungslinien  $DL_2, DL_6, DL_{10}, \dots$  zu einem Zeitpunkt  $t_2, t_d$  Sekunden später, auf. Die relativen Zeitpunkte  $t_1, t_2, t_3$  und  $t_4$ , zu denen die Druckköpfe  $P_1, P_2, P_3$  und  $P_4$  Konstruktionsmaterial aus ihren Ausgangsöffnungen **58** an einer selben vorgegebenen x-Koordinate abgeben, werden in einem Umfang dargestellt, in dem sich ihre jeweiligen Auftragungslinien in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) nach rechts erstrecken. Die Enden der Auftragungslinien **70** und die relativen Zeitpunkte  $t_1, t_2, t_3$  und  $t_4$  werden durch Linien angezeigt, die mit den relativen Zeitpunkten in [Fig. 3B](#) gekennzeichnet sind.

**[0105]** Tropfen flüssigen Konstruktionsmaterials, die in nächster Nähe zueinander aufgetragen werden, haben eine Affinität zueinander und tendieren zum Zusammenwachsen. Diese Tendenz zum Zusammenwachsen kann Unzulänglichkeiten in einer von der Schnellherstellungsvorrichtung **20** gedruckten Konstruktionsschicht, wie einer in [Fig. 1](#) gezeigte Konstruktionsschicht **34**, erzeugen. Im Besonderen kann die Tendenz zum Zusammenwachsen zu einer Konstruktionsschicht führen, die Streifenbildungen parallel zu Auftragungslinien **70** zeigt, an denen entlang die Schnellherstellungsvorrichtung **20** Konstruktionsmaterial aufträgt. Streifenbildungen tendieren dazu, wenn sie auftreten, in den Nachbarschaften von Auftragungslinien **70** aufzutreten, an denen entlang der Druckkopf  $P_4$  Konstruktionsmaterial aufträgt (d. h.  $DL_4, DL_8, DL_{12}, \dots$ ).

**[0106]** Von [Fig. 4A](#) wird angenommen, dass sie einen Prozess darstellt, mit dem Streifenbildungen in einer Konstruktionsschicht ausgebildet werden. Die Figur zeigt eine Folge schematischer Zeitverlaufs-Querschnittsansichten **81, 82, 83** und **84** durch eine Konstruktionsschicht entlang einer Ebene parallel zu der xz-Ebene an einer vorgegebenen x-Koordinate. Die Zeitverlaufsansichten stellen Auftragung von Tropfen entlang den Auftragungslinien **70** durch die Druckköpfe  $P_1$  bis  $P_4$  zum Ausbilden einer Konstruktionsschicht dar. Bei den Zeitverlaufsansichten **81, 82, 83** bzw. **84** wird angenommen, dass sie zu aufeinanderfolgenden Zeitpunkten  $t_1, t_2, t_3$  bzw.  $t_4$  ausgeführt sind, die durch die Übergangsverzögerungszeit  $t_d$  zeitlich getrennt werden. Die Auftragungslinien, an denen entlang Tropfen aufgetragen werden, werden durch Kreise mit der Kennzeichnung  $DL_m$  angezeigt. Tropfen von Konstruktionsmaterial, welche die Druckköpfe  $P_1$  bis  $P_4$  auftragen, sind jeweils mit  $Dr_1$  bis  $Dr_4$  gekennzeichnet.



**[0107]** Zu dem Zeitpunkt  $t_1$  in der Zeitverlaufsansicht **81** trägt der Druckkopf  $P_1$  Tropfen  $Dr_1$  aus Material entlang den Auftragungslinien  $DL_1, DL_5, \dots$  an Positionen mit der vorgegebenen x-Koordinate auf. Zu dem Zeitpunkt  $t_2$  in der Zeitverlaufsansicht **82** trägt der Druckkopf  $P_2$  Tropfen  $Dr_2$  an der vorgegebenen x-Koordinate entlang den Auftragungslinien  $DL_2, DL_6, \dots$  auf. Jeder Tropfen  $Dr_2$  grenzt an einen zuvor aufgetragenen Tropfen  $Dr_1$  an und neigt zum Zusammenwachsen mit dem Tropfen  $Dr_1$ . Zu dem Zeitpunkt  $t_3$  in der Zeitverlaufsansicht **83** trägt der Druckkopf  $P_3$  Tropfen  $Dr_3$  an die Tropfen  $Dr_2$  angrenzend entlang den Auftragungslinien  $DL_3, DL_8, \dots$  auf. Die Tropfen  $Dr_3$  wachsen mit den zuvor aufgetragenen Tropfen  $Dr_1$  und  $Dr_2$  zusammen, wie in der Zeitverlaufsansicht gezeigt.

**[0108]** Es scheint, dass Material in den zusammengewachsenen Tropfen nicht gut in die in der Zeitverlaufsansicht **83** gezeigten leeren Regionen **86** in der Nachbarschaft der Auftragungslinien  $DL_4, DL_8, DL_{12}, \dots$  zwischen den zusammengewachsenen Tropfen fließt. Zu dem Zeitpunkt  $t_4$  in der Zeitverlaufsansicht **84** wird, wenn der Druckkopf  $P_4$  Tropfen  $Dr_4$  in leere Regionen **86** aufträgt, Material in jedem Tropfen zu jeder der Gruppen zuvor zusammengewachsener Tropfen auf beiden Seiten des Tropfens weggezogen. Das Wegziehen des Materials erzeugt eine geringfügige Lücke **88** in der Nachbarschaft der Auftragungslinie  $DL_4$ , wie in der Zeitverlaufsansicht **84** gezeigt. Lücken **88** geben Anlass zu Streifenbildungen in Konstruktionsschichten, die durch die Schnellherstellungsvorrichtung **20** ausgebildet werden.

**[0109]** Um Streifenbildungen zu vermeiden, sind nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung y-Ausrichtungsknöpfe **66**, die in Sockeln **54** beinhaltet sind, derart konfiguriert, dass jeder Tropfen, der im Anschluss an das Auftragen von Material durch einen ersten Druckkopf an der x-Koordinate an einer vorgegebenen x-Koordinate abgegeben wird, in gleichmäßigem Abstand zwischen zuvor aufgetragenen Tropfen aufgetragen wird. Die Erfinder haben bestimmt, dass, wenn ein Verfahren der „gleichmäßig beabstandeter“ Tropfenauftragung zum Ausbilden einer Konstruktionsschicht verwendet wird, Streifenbildungen, die in der Konstruktionsschicht dort, wo die Tropfen wie in [Fig. 4A](#) dargestellt aufgetragen sind, auftreten können, gemildert werden oder im Wesentlichen nicht vorhanden sind. Es ist zu beachten, dass gleichmäßig beabstandetes Auftragen lediglich dann zum Auftragen von Tropfen aus Konstruktionsmaterial in einer Schicht genau und vollständig implementiert werden kann, wenn eine zum Konstruieren der Schicht verwendete Anzahl von Auftragungslinien einer Zweierpotenz entspricht. Ansonsten kann das Verfahren lediglich näherungsweise implementiert werden.

**[0110]** [Fig. 4B](#) stellt schematisch „gleichmäßig be-

abstandetes“ Auftragen von Konstruktionsmaterial zum Ausbilden einer Konstruktionsschicht eines Objektes nach einer Ausführung der Erfindung dar. Die Figur ist [Fig. 4A](#) ähnlich und zeigt eine Folge schematischer Zeitverlaufs-Querschnittsansichten **91, 92, 93** und **94**. Die Querschnittsansichten sind entlang einer Ebene parallel zu der xz-Ebene an einer vorgegebenen x-Koordinate ausgeführt und stellen das Auftragen von Tropfen aus Konstruktionsmaterial dar, die zu aufeinanderfolgenden Zeitpunkten  $t_1, t_2, t_3$  und  $t_4$  entlang von Auftragungslinien gemäß gleichmäßig beabstandeter Auftragung aufgetragen werden.

**[0111]** Zu dem Zeitpunkt  $t_1$  in der Zeitverlaufsansicht **91** werden Tropfen  $Dr_1$  entlang den Auftragungslinien  $DL_1, DL_5, DL_9, \dots$  aufgetragen. Zu dem Zeitpunkt  $t_2$  in der Zeitverlaufsansicht **92** werden Tropfen  $Dr_2$  auf die Auftragungslinien  $DL_2, DL_6, \dots$  aufgetragen und zwar nicht an Tropfen  $Dr_1$  angrenzend, sondern in gleichmäßigem Abstand zwischen den Tropfen entlang den Auftragungslinien  $DL_3, DL_5, \dots$ . Zu dem Zeitpunkt  $t_3$  in der Zeitverlaufsansicht **93** werden Tropfen  $Dr_3$  wahlweise entlang den Auftragungslinien  $DL_2, DL_4, \dots$  aufgetragen. Von den Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$  zu dem Zeitpunkt  $t_3$  breitet sich Material in den Tropfen  $Dr_1$  bzw.  $Dr_2$  aus. Bei dem Ausbreiten der Tropfen  $Dr_1$  und  $Dr_2$  wird angenommen, dass es teilweise die Regionen **96** entlang den Auftragungslinien  $DL_4, DL_8, DL_{12}$  füllt. Als Folge des Füllens werden, wenn in der Zeitverlaufsansicht **94** Tropfen  $Dr_4$  entlang den Auftragungslinien  $DL_4, DL_8, DL_{12}$  aufgetragen werden, Lücken nicht entlang den Auftragungslinien ausgebildet und Streifenbildungen werden nicht ausgebildet.

**[0112]** [Fig. 4C](#) zeigt schematisch eine Unteransicht des Druckkopfblockes **50**, der zum Implementieren gleichmäßig beabstandeten Auftragens konfiguriert ist, wie in [Fig. 4B](#) dargestellt. Die Längen von y-Ausrichtungsknöpfen **66** in Sockeln **54** (und wahlweise Sockeln **53**) nehmen nicht linear mit dem Ansteigen ihrer x-Koordinate relativ zu der x-Koordinate eines Merkmals des Druckkopfblockes **50** ab. Als Folge tragen die Druckköpfe  $P_1, P_2, P_3, P_4$  nicht Material entlang den Auftragungslinien  $DL_1, DL_2, DL_3$  bzw.  $DL_4$  auf, wie in den [Fig. 3B](#) und [Fig. 4A](#) gezeigt. Stattdessen sind sie derart konfiguriert, dass die Druckköpfe  $P_1, P_2, P_3, P_4$  Material entlang den Auftragungslinien  $DL_1, DL_3, DL_2$  bzw.  $DL_4$  auftragen, wie in den [Fig. 4B](#) gezeigt.

**[0113]** Während die in dem Druckkopfblock **50** und den Druckköpfen **52** beinhalteten Ausrichtungsmerkmale das Ersetzen eines Druckkopfes **52** in dem Druckkopfblock ermöglichen, ohne dass die Ausrichtung des Druckkopfes eingestellt oder kalibriert werden muss, ist ein vorgegebener Druckkopf im Allgemeinen durch Betriebseigenschaften gekennzeichnet, die dem Druckkopf eigen sind. Um korrekten Betrieb eines vorgegebenen Druckkopfes **52** bereitzustellen, ist es vorteilhaft, dass die Steuerung **26** jeden

Druckkopf anhand seiner ihm eigenen Betriebseigenschaften steuert. Nach einer Ausführung der Erfindung wird jeder Druckkopf **52** durch Profildaten profiliert, die Betriebsparameter charakterisiert, die dem Druckkopf eigen sind. Wahlweise werden, wie oben angemerkt, Profildaten in einem Speicher **49** gespeichert, der wahlweise in der Leiterplatte **55** des Druckkopfes beinhaltet ist. Wenn der Druckkopf **52** in einem Sockel **51** montiert ist, werden Datenleitungen zwischen der Steuerung **26** und dem Druckkopf **52**, über welche die Steuerung auf die Profildaten des Druckkopfes zugreift, über Verbinder **47** hergestellt, die in der Leiterplatte beinhaltet sind.

**[0114]** Profildaten, die einen Druckkopf **52** charakterisieren, können zum Beispiel Betriebsdaten umfassen, die den Betrieb jedes piezoelektrischen Betätigungselementes spezifiziert, das in dem Druckkopf beinhaltet ist und das Auftragen von Konstruktionsmaterial über eine Ausgangsöffnung **58** des Druckkopfes steuert. Typischerweise spezifizieren Betriebsdaten für das Betätigungselement Betätigungselementleistung als eine Funktion von Spannung, die an das Betätigungselement angelegt wird, Identität und Temperatur des Konstruktionsmaterials, das der Druckkopf **52** abgibt. Die Daten werden im Allgemeinen verwendet, um die Anstiegszeit, Abfallzeit und Amplitude eines Spannungsimpulses zu bestimmen, den die Steuerung **26** an das Betätigungselement anlegt, um Gewicht und/oder Ausstoßgeschwindigkeit eines Tropfens von Konstruktionsmaterial zu steuern, der durch eine Öffnung **58** abgegeben wird, mit der das Betätigungselement kommuniziert. Profildaten umfassen wahlweise Eigenschaften einer Wärmeeinrichtung, die wahlweise in dem Druckkopf **52** beinhaltet ist und welche die Wärmeeinrichtungssteuerung **26** derart steuert, dass sie eine gewünschte Temperatur von Konstruktionsmaterial in dem Druckkopf-Vorratsbehälter hält.

**[0115]** Profildaten können außerdem Abmessungsdaten für einen Druckkopf umfassen. Zum Beispiel können bei einigen Ausführungen der Erfindung Längen von x-Ausrichtungsstiften **60** ([Fig. 2D](#)), während sie derart gesteuert werden, dass die x-Stifte an einem selben Druckkopf **52** mit einem hohen Grad an Genauigkeit eine selbe Länge  $\Delta x$  sind, von einem Druckkopf **52** zu einem anderen um relativ große Beträge variieren. Als Folge könnte eine apriorische Länge von x-Stiften **60** nicht für jeden Druckkopf **52** mit einem Grad an Genauigkeit, der für eine gewünschte Auflösung der Schnellherstellungsvorrichtung **20** erforderlich ist, apriorisch bekannt sein. Bei solchen Ausführungen umfassen Profildaten für einen Druckkopf Daten, welche die Längen seiner x-Ausrichtungsstifte definieren.

**[0116]** Während bei der oben besprochenen beispielhaften Ausführung wahlweise ein Speicher **49**, der auf der Leiterplatte **55** eines Druckkopfes

([Fig. 2D](#)) angeordnet ist, Profildaten für den Druckkopf umfasst, sind bei einigen Ausführungen der Erfindung Profildaten für einen Druckkopf **52** in einer von dem Druckkopf getrennten Speichervorrichtung beinhaltet. Zum Beispiel umfasst wahlweise eine Diskette, eine CD oder ein tragbarer Flash-Speicher Profildaten für einen Druckkopf **52**. Die Daten werden unter Verwendung verschiedener Verfahren und Vorrichtungen, die auf dem Gebiet bekannt sind, aus der Speichervorrichtung zu der Steuerung **26** heruntergeladen, wenn der Druckkopf in einen Sockel **51** des Druckkopfblockes **50** eingesetzt wird ([Fig. 2A](#) bis [Fig. 2C](#)).

**[0117]** Bei der oben beschriebenen beispielhaften Ausführung werden die Druckköpfe **52** in einzelne Sockel **51** in dem Druckkopfblock **50** eingesetzt. Bei einigen Ausführungen der Erfindung weist der Druckkopfblock keine Sockel auf. [Fig. 5](#) zeigt schematisch eine Unteransicht eines Druckkopfblockes **100**, der keine einzelnen Sockel für jeden an den Block montierten Druckkopf umfasst, sondern stattdessen einen einzigen Montagehohlraum **102** zur Aufnahme von Druckköpfen **104** umfasst.

**[0118]** Die Druckköpfe sind wahlweise identisch und jeder ist mit zwei x-Ausrichtungsstiften **60** und einem y-Ausrichtungsstift **62** ausgestattet. Zusätzlich ist jeder Druckkopf **104** mit zwei x-Ausrichtungsknöpfen **106** ausgestattet. Der Montagehohlraum **102** umfasst y-Ausrichtungsknöpfe **108** und damit verbundene elastische Elemente **110**, die in den Druckköpfen **104** beinhalteten y-Ausrichtungsstiften **62** entsprechen, für beispielsweise acht Druckköpfe **104**. Die Längen von y-Ausrichtungsknöpfen nehmen wahlweise mit dem Anstieg ihrer x-Koordinate relativ zu der x-Koordinate eines Merkmals in dem Druckkopfblock **100** zu. Der Montagehohlraum **102** umfasst außerdem zwei x-Ausrichtungsknöpfe **112** und entsprechende elastische Elemente **114**.

**[0119]** Wenn acht Druckköpfe **104** in den Montagehohlraum **102** eingesetzt werden, zwingen die elastischen Elemente **114** die Druckköpfe entlang der x-Richtung aneinander. Als Folge werden die x-Stifte **60** eines Druckkopfes gegen die x-Knöpfe **106** eines nächsten Druckkopfes gedrückt und die x-Stifte eines letzten Druckkopfes drücken gegen die x-Ausrichtungsknöpfe **112** in dem Hohlraum. Die elastischen Elemente **110** bringen die Druckköpfe **104** dazu, dass ihre y-Stifte gegen die y-Knöpfe in dem Montagehohlraum **102** drücken. Die Betätigung der x- und y-Ausrichtungsstifte in den Druckköpfen **104** und der entsprechenden x- und y-Knöpfe und elastischen Elemente in dem Montagehohlraum **102** wirkt so, dass die Druckköpfe ausgerichtet werden.

**[0120]** Jede Strahlungs Lampe **120** (wie zum Beispiel in [Fig. 2A](#) gezeigt), die in der Vorrichtung **28** beinhaltet ist, umfasst wahlweise eine UV-Licht-Glüh-

lampe **122**, die UV-Licht zum Polymerisieren von Konstruktionsmaterial, das von den Druckköpfen **52** abgegeben wird, bereitstellt, einen Reflektor **124** und ein Gehäuse **126**, das den Reflektor und die Glühlampe trägt und enthält. Die UV-Licht-Glühlampe **122** ist wahlweise eine Entladungs-Glühlampe, wie eine Quecksilber- oder Xenon-Entladungslampe. Wahlweise umfasst die Lampe **120** eine schützende Abdeckplatte **128**, die für das von der Glühlampe **122** bereitgestellte UV-Licht durchlässig ist und eine Öffnung **129** der Lampe abdeckt, durch die sie Licht bereitstellt.

[0121] [Fig. 6A](#) zeigt schematisch eine vergrößerte Ansicht der in [Fig. 1](#) gezeigten Vorrichtung **28**, bei der Bauteile einer Lampe **120** nach einer Ausführung der Erfindung durch das Gehäuse **126** der Lampe hindurch gesehen gezeigt werden, wobei der Umriss des Gehäuses durch gestrichelte Linien angezeigt wird. In der Figur wird der Reflektor **124** teilweise weggeschnitten gezeigt. Die [Fig. 6B](#) und [Fig. 6C](#) zeigen Querschnittsansichten der Lampe **120** in Ebenen, die durch die Linien AA und BB angezeigt werden.

[0122] Das von der Lampe **120** bereitgestellte UV-Licht, das von einer Konstruktionsschicht, die von der Schnellherstellungsvorrichtung **20** ausgebildet wurde, und/oder Flächen der Konstruktionsplattform **24** ([Fig. 1](#)) zurück zu den Druckköpfen **52** reflektiert wird, kann Konstruktionsmaterial an einem Druckkopf **52** ([Fig. 2A](#)) oder an anderen Teilen der Vorrichtung **28** polymerisieren. Polymerisiertes Konstruktionsmaterial an einem Druckkopf **52** kann eine Ausgangsöffnung **58** oder -öffnungen an dem Kopf sperren. Zusätzlich können Klumpen gehärteten oder teilgehärteten Konstruktionsmaterials an einem Druckkopf **52** oder einer anderen Region der Vorrichtung **28** auf ein Objekt, wie das Objekt **22** ([Fig. 1](#)), das von der Schnellherstellungsvorrichtung aufgebaut wird, fallen oder mit diesem kollidieren und das Objekt beschädigen.

[0123] Die Erfinder haben festgestellt, dass eine Menge von Licht, das von einer Konstruktionsschicht zu der Vorrichtung **28** zurück reflektiert wird, eine Funktion einer Höhe über der Konstruktionsschicht und den Flächenregionen der Konstruktionsplattform **24** ist, an denen die Lampe das Licht bereitstellt. Die Form der Abhängigkeit der Menge reflektierten Lichtes, das die Vorrichtung **28** als eine Funktion von Höhe erreicht, ist derjenigen ähnlich, die in [Fig. 6D](#) in einer grafischen Darstellung **180** gezeigt wird, die grafisch die Menge reflektierten Lichtes „RR“ darstellt, das die Vorrichtung als eine Funktion der Höhe „H“ erreicht.

[0124] Während die Menge reflektierten Lichtes sowohl für relativ große als auch für relativ kleine Werte von H relativ klein ist, ist es selbstverständlich vorteil-

haft, H relativ klein statt relativ groß zu machen, um das von der Lampe **120** bereitgestellte Licht effizient zu nutzen. Daher werden nach einer Ausführung der Erfindung Lampen **120** derart an der Vorrichtung **28** montiert, dass sich im Allgemeinen während des Druckens von Konstruktionsschichten durch die Schnellherstellungsvorrichtung **20** ihre jeweiligen Öffnungen **129** relativ nahe an den Konstruktionsschichten befinden. Bei einigen Ausführungen der Erfindung sind die Öffnungen **129** weniger als ungefähr 10 mm von den Konstruktionsschichten entfernt, die von der Schnellherstellungsvorrichtung **20** hergestellt werden. Bei einigen Ausführungen der Erfindung sind die Öffnungen **129** weniger als ungefähr 15 mm von den Konstruktionsschichten entfernt, die von der Schnellherstellungsvorrichtung **20** hergestellt werden. Bei einigen Ausführungen der Erfindung sind die Öffnungen **129** weniger als ungefähr 10 mm von den Konstruktionsschichten entfernt, die von der Schnellherstellungsvorrichtung **20** hergestellt werden. Bei einigen Ausführungen der Erfindung sind die Öffnungen **129** ungefähr 5 mm von den Konstruktionsschichten entfernt, die von der Schnellherstellungsvorrichtung **20** hergestellt werden.

[0125] Ein Problem, das oft bei der Herstellung von Objekten durch eine Tintenstrahl-Schnellherstellungsvorrichtung, wie die Schnellherstellungsvorrichtung **20**, angetroffen wird, besteht darin, dass es relativ schwierig sein kann, die Objekte mit scharf definierten Kanten und Merkmalen bereitzustellen. Material entlang von Kanten einer Konstruktionsschicht eines von einer Schnellherstellungsvorrichtung hergestellten Objektes neigt dazu, während der Herstellung zu „verlaufen“, und als Folge neigen die Kanten dazu, Kanten dazu, sich zu verformen und Schärfe zu verlieren. Die Erfinder haben bestimmt, dass Material entlang von Kantenflächen einer Konstruktionsschicht eines Objektes dazu neigt, relativ langsam und ineffizient polymerisiert zu werden, und dass dieses relativ langsame und ineffiziente Polymerisieren zu der schlechten Schärfe von Kanten und feinen Details bei einem Objekt beiträgt. Zusätzlich kann ineffizientes Polymerisieren bei dem Objekt außerdem ungehärtete und „klebrige“ Kanten hinterlassen.

[0126] Ineffizientes, langsames oder teilweises Polymerisieren von Material entlang von Kantenflächen, das bei einem Objekt festzustellen ist, das von einer Schnellherstellungsvorrichtung nach dem Stand der Technik hergestellt wird, scheint die Folge davon zu sein, dass Polymerisierungslicht, das von Lampen in der Schnellherstellungsvorrichtung nach dem Stand der Technik bereitgestellt wird, relativ niedrige Intensität aufweist und von Kantenflächen relativ stark reflektiert wird.

[0127] Das Erhöhen der Intensität polymerisierenden Lichtes, das von einer UV-Lampe bereitgestellt wird, mindert im Allgemeinen nicht das Problem. Der



größte Teil des Materials in dem Körper einer Konstruktionsschicht eines von einer Schnellherstellungsvorrichtung hergestellten Objektes wird relativ schnell bei UV-Lichtintensitäten polymerisiert, die nicht ausreichen, um Konstruktionsmaterial entlang von Kantenflächen der Schicht schnell und effektiv zu polymerisieren. Das Erhöhen der Intensität des UV-Lichtes ist daher Energieverschwendung und der größte Teil der Erhöhung der Intensität geht in das Erwärmen von Material in dem Körper der Schicht, das bereits polymerisiert ist. Das erhöhte Erwärmen erhöht die Wärmespannung in Bauteilen der Schnellherstellungsvorrichtung und in der Schicht, neigt zum Erzeugen von Verzerrungen in den Schichten und verschlechtert die Genauigkeit, mit der das Objekt ausgebildet wird, und die Qualität des Objektes.

**[0128]** Um die Effizienz zu erhöhen, mit der eine UV-Lampe Licht bereitstellt, das Konstruktionsmaterial entlang von Kanten einer Konstruktionsschicht polymerisiert, ohne unangebracht Energie auf unerwünschtes Erwärmen zu verschwenden, stellt die Lampe nach einer Ausführung der Erfindung Licht mit relativ großen Winkeln zu der Normalen zu der Ebene der Konstruktionsschicht bereit. Bei einer vorgegebenen Intensität von Licht, das von der Lampe bereitgestellt wird, erhöht sich mit steigendem Einfallswinkel ein Verhältnis der Intensität von Licht, das auf Kantenflächen der Schicht einfällt, zu dem, das auf dem, das auf Flächen parallel zu der Ebene der Schicht einfällt. Als Folge erhöht sich mit steigendem Einfallswinkel die Effizienz der Polymerisierung von Konstruktionsmaterial entlang den Kanten relativ zu der von Material in dem Körper der Schicht. Ein geeigneter Einfallswinkel und eine geeignete Intensität von UV-Licht können daher nach einer Ausführung der Erfindung derart bestimmt werden, dass das Licht Material in den Kanten sowie in dem Körper einer Konstruktionsschicht ohne unangebrachtes Erwärmen und Verschenden von Energie effektiv polymerisiert. Material in Kanten von Konstruktionsschichten, die von einer Schnellherstellungsvorrichtung mit einer UV-Lampe nach einer Ausführung der Erfindung hergestellt werden, wird relativ effizient polymerisiert. Als eine Folge sind die Kanten nicht so empfindlich für das Verlaufen und Verformen, wie dies Kanten von Konstruktionsschichten sind, die durch Schnellherstellungsvorrichtungen nach dem Stand der Technik hergestellt werden, und neigen dazu, verbesserte Schärfe aufzuweisen.

**[0129]** Als Beispiel stellen UV-Lampen **120**, die in der Verfahrenseinrichtung **28** beinhaltet sind, einen großen Teil ihres UV-Lichtausgangs mit Einfallswinkeln bereit, die wahlweise ungefähr  $45^\circ$  entsprechen. Wahlweise weist der Reflektor **124** in den UV-Lampen einen Kantenreflektor **130** und wahlweise Planarreflektoren **132** auf, die wahlweise Flächen des Gehäuses **126** sind, die derart behandelt sind, dass sie von der Glühlampe **122** bereitgestelltes Licht re-

flektieren. Wahlweise umfasst der Kantenreflektor **130** zwei Spiegelbild-Parabolreflektoren **134**, die sich entlang einer gemeinsamen Kante **136** treffen und derart positioniert sind, dass ihre jeweiligen Brennflecke im Wesentlichen übereinstimmen. Die Strahlungs-Glühlampe **122** ist wahlweise durch geeignete Löcher in dem Reflektor an dem Kantenreflektor **130** montiert. Die Kontaktenden **138** der Glühlampe **122** sind an Stromsockeln (nicht gezeigt) montiert, die in dem Gehäuse **126** beinhaltet sind und elektrischen Kontakt der Glühlampe **122** zu einer Leistungsversorgung (nicht gezeigt) bereitstellen. Wahlweise stellen die Sockel Halt für die Glühlampe **122** bereit und halten die Glühlampe in dem Gehäuse **126** in Position.

**[0130]** Die Glühlampe **122** weist einen lokalisierten "intensiven Lichtfleck (Hot-Spot)" **140** auf, von dem der größte Teil des von der Glühlampe bereitgestellten Lichtes ausstrahlt, und ist derart positioniert, dass der intensive Lichtfleck **140** im Wesentlichen an den Brennflecken der Parabolreflektoren **134** angeordnet ist. Jeder Parabolreflektor **134** ist derart positioniert, dass ein relativ großer Bereich des Lichtes, das von dem intensiven Lichtfleck **140** ausstrahlt, im Wesentlichen in einem Winkel von ungefähr  $45^\circ$  zu der Abdeckplatte **128**, durch die hindurch das Licht die Lampe **120** verlässt, reflektiert wird und auf eine Konstruktionsschicht einfällt, die von der Schnellherstellungsvorrichtung **20** ausgebildet wird.

**[0131]** Die Querschnittansicht der Lampe **120** in [Fig. 6B](#) zeigt schematisch Parabolreflektoren **134**, die Strahlen **150** von UV-Licht derart von dem intensiven Lichtfleck **140** reflektieren, dass das Licht die Lampe durch die Abdeckplatte **128** in ungefähr  $45^\circ$  zu der Ebene der Abdeckplatte verlässt. Das reflektierte Licht fällt auf eine Region einer von der Schnellherstellungsvorrichtung **20** hergestellten Konstruktionsschicht **152** ein. Die Schicht **152** weist Kanten **154** auf, die in Einschüben **156** stark vergrößert gezeigt werden. UV-Licht, das die Lampe **120** nach einer Ausführung der Erfindung in ungefähr  $45^\circ$  zu der Ebene der Konstruktionsschicht **152** verlässt, fällt auf Flächenregionen von Kanten **154** entlang von Richtungen, die relativ nahe an den durch Blockpfeile **158** angezeigten Richtungen von Normalen liegen, auf die Kantenflächen ein. Als Folge wird die relative Intensität von Licht, das auf Flächen von Kanten **154** einfällt, erhöht und ein relativ großer Bereich des einfallenden Lichtes dringt entlang den Kanten in das Konstruktionsmaterial ein und ist beim Polymerisieren des Materials wirksam.

**[0132]** [Fig. 6C](#) zeigt schematisch Planarreflektoren **132**, die Strahlen von Licht **159** derart von dem intensiven Lichtfleck **140** reflektieren, dass sie die Abdeckplatte **128** verlassen. Um relativ intensives Licht zum Polymerisieren von Material in einer durch die Schnellherstellungsvorrichtung **20** ausgebildeten

Konstruktionsschicht bereitzustellen, sind wahlweise Planarspiegel relativ nah aneinander, so dass von der Glühlampe **122** bereitgestelltes Licht, das die Lampe **120** verlässt, auf einer relativ kleinen Flächenregion der Konstruktionsschicht konzentriert wird. Die Erfinder haben bestimmt, dass die relativ nahen Planarreflektoren dazu beitragen, eine Menge von UV-Licht zu verringern, das durch die Lampe **122** bereitgestellt wird und in Richtung von Öffnungen in Druckköpfen, die in der Verfahrenseinrichtung **28** beinhaltet sind, reflektiert wird.

**[0133]** Die [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) zeigen schematisch Querschnittsansichten von Varianten der UV-Lampe **120**. Die Querschnittsansichten befinden sich in der Ebene, die durch die in [Fig. 6A](#) angezeigte Linie AA angezeigt wird, und sind der in **68** gezeigten ähnlich. In [Fig. 7A](#) umfasst ein Kantenreflektor **160** nach einer Ausführung der Erfindung und ähnlich wie der Kantenreflektor **124** vier Parabolreflektoren **161**, **162**, **163** und **164**. Die Parabolreflektoren **161** und **163** sind Spiegelbilder voneinander und die Parabolreflektoren **162** und **164** sind Spiegelbilder voneinander. Die Brennflecken aller Parabolspiegel stimmen im Wesentlichen mit dem intensiven Lichtfleck **140** der Glühlampe **122** überein. In [Fig. 7B](#) umfasst ein Kantenreflektor **170** nach einer Ausführung der Erfindung, ähnlich wie der Kantenreflektor **124**, zwei prismatische Parabolreflektoren **171** und **172** und Planarreflektoren **173** und **174**. Die Parabolreflektoren **171** und **172** sind Spiegelbilder voneinander und umfassen jeweils zwei Planarfelder **175**. Die Planarreflektoren **172** und **174** sind Spiegelbilder voneinander.

**[0134]** Entladungs-Glühlampen, wie Hg- und Xe-Entladungs-Glühlampen, die herkömmlicherweise zum Bereitstellen von UV-Licht verwendet werden, erfordern im Allgemeinen eine Hochspannungs-Leistungsversorgung und ein aufwändiges Zündsystem für ihren Betrieb, erzeugen relativ große Wärmemengen und können nicht schnell ein- und ausgeschaltet werden.

**[0135]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung umfassen UV-Lampen LEDs, die UV-Licht zum Polymerisieren von Konstruktionsmaterial bereitstellen. UV-LEDs erzeugen im Vergleich zu der von ihnen gelieferten UV-Energie relativ kleine Mengen von Wärmeenergie, können relativ schnell ein- und ausgeschaltet werden und können UV-Strahlung in einer relativ engen Bandbreite gewünschter Strahlung bereitstellen. Die Ausgangsintensitäten von LEDs können relativ leicht gesteuert werden und sie können in Anordnungen gepackt sein, die ausreichend dicht sind, um UV-Licht mit Intensitäten bereitzustellen, die zum schnellen Polymerisieren von Konstruktionsmaterialien, die von Schnellherstellungsvorrichtungen verwendet werden, erforderlich sind.

**[0136]** Das Ein- und Ausschalten der LEDs ist ein

unmittelbarer Vorgang, der keine Zeitverzögerungen oder für den Betrieb von Entladungs-Glühlampen typische Hochfrequenz-Interferenzstrahlung beinhaltet. Der Prozess des Aufbaus eines Objektes beginnt rasch und der Prozess selbst ist auf Grund des vorgenannten unmittelbaren Ein-/Ausschaltens der LEDs zuverlässiger.

**[0137]** Des Weiteren würde die Verwendung von LEDs die Verformung des gedruckten Modells aus einer Reihe von Gründen senken, da zum Beispiel ein signifikanter Unterschied bei der Temperatur zwischen dem Objekt (während des Aufbauprozesses) und der Raumtemperatur eine Ursache für Verformung bei dem fertigen gedruckten Objekt nach dem Abkühlen ist, im Besonderen dann, wenn das Abkühlen während des Prozesses schnell und nicht gleichmäßig genug durchgeführt wird. Da LEDs lediglich eine kleine Menge von Wärme pro Aushärtungsmenge ableiten, wird das aufgebaute Objekt unter niedrigeren Temperaturbedingungen verarbeitet als bei Verwendung von Entladungslampen, und daher wird die Verformung, die beim Abkühlen des Objektes möglicherweise auftreten könnte, verringert.

**[0138]** [Fig. 8](#) zeigt schematisch eine Verfahrenseinrichtung **28**, die UV-Lampen **190** umfasst, von denen jede wahlweise eine wahlweise dicht gepackte Anordnung **191** von LEDs **192** umfasst, die UV-Licht bereitstellen. Wahlweise sind die LEDs **192** in DIE-Form (d. h. Halbleiterplättchen und in diesem Fall ungepackte LEDs) und sind mit einem Abstand von ungefähr 1 mm angeordnet. Wahlweise sind die LEDs **192** SMD-LEDs, die in einer Anordnung **191** mit einer Teilung von weniger als 2 mm konfiguriert sein können. Um UV-Strahlung bereitzustellen, die in einem relativ großen Einfallswinkel auf Regionen einer durch die Schnellherstellungsvorrichtung **20** ausgebildeten Konstruktionsschicht einfällt, ist wahlweise jede LED **192** unter Verwendung von Verfahren, die auf dem Gebiet bekannt sind, mit einer Mikrolinse verbunden, die Licht, das durch die LED bereitgestellt wird, zu einem Kegelstrahl von Licht mit einem relativ weiten Kegelwinkel formt. Wahlweise ist der Kegelwinkel größer als ungefähr 80° (voller Kegelwinkel). Wahlweise ist der Kegelwinkel größer als ungefähr 100° (voller Kegelwinkel). Wahlweise steuert die Steuerung **26** die Intensität von Licht, das von einer UV-LED **192** bereitgestellt wird, durch Steuern von Strom oder Spannung, die der LED zugeführt werden. Wahlweise führt die Steuerung **26** einer LED **192** Leistung in der Form einer Folge von Strom oder Spannungsimpulsen zu und die Steuerung steuert einen Arbeitszyklus des Impulses, um die Intensität von UV-Licht von der LED zu steuern.

**[0139]** Nach einer Ausführung der Erfindung steuert die Steuerung **26** ([Fig. 1](#)), welche den Betrieb der Verfahrenseinrichtung **28** steuert, Intensitäten von UV-Licht, die von den LEDs **192** in der Anordnung

**191** bereitgestellt werden, unabhängig von Intensitäten, die von anderen LEDs in der Anordnung bereitgestellt werden. Im Besonderen steuert die Steuerung einzelne LEDs **192** derart, dass von der Lampe **190** bereitgestellte UV-Strahlung auf den Ort und den Zeitpunkt begrenzt wird, an denen sie benötigt wird. Zum Beispiel kann, wenn eine Konstruktionsschicht **34** gedruckt wird, die Schicht unbedruckte Regionen aufweisen, an denen Konstruktionsmaterial nicht aufgetragen wird. Wahlweise steuert die Steuerung **26** LEDs **192** derart, dass die unbedruckten Regionen relativ wenig oder im Wesentlichen kein UV-Licht empfangen. Während der Herstellung eines Objektes, wie Objekt **22**, wie oben angemerkt, initiiert die Steuerung **26** periodisch einen Wartungsvorgang und bewegt die Verfahrenrichtung **28** von der Konstruktionsplattform **24** weg zu Wartungsbereichen **200** zum Reinigen. Für die Dauer des Wartungsvorgangs schaltet die Steuerung **26** wahlweise die LEDs **192** ab.

[**0140**] Während die LEDs **192** relativ geringe Wärme erzeugen, erzeugen sie und/oder die den LEDs zugeordneten Schaltungen Wärme, und in einer dicht gepackten Anordnung kann es vorteilhaft sein, Lampen **190** mit Merkmalen zum Verbessern von Wärmeableitung bereitzustellen. Bei einigen Ausführungen der Erfindung sind LEDs **192** an geeigneten Wärmesenken montiert und/oder mit Peltier-Vorrichtungen verbunden und/oder sind mit geeigneten Gebläsen zum Verbessern von Wärmeableitung versehen.

[**0141**] Bei einigen Ausführungen der Erfindung umfasst eine der Schnellherstellungsvorrichtung **20** ähnliche Schnellherstellungsvorrichtung nach einer Ausführung der Erfindung eine Verfahrenrichtung, in der LEDs relativ weit weg von Konstruktionsschichten positioniert sind, welche die Schnellherstellungsvorrichtung herstellt. UV-Licht von den LEDs wird durch Lichtleiter oder optische Fasern zu den Konstruktionsschichten geleitet.

[**0142**] Die [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) zeigen schematisch Perspektivansichten einer Verfahrenrichtung **194**, die LEDs **196** umfasst, die relativ weit weg von Konstruktionsschichten positioniert sind, welche die Verfahrenrichtung druckt. [Fig. 9A](#) zeigt eine Perspektivansicht der Verfahrenrichtung **194** von unten. [Fig. 9B](#) zeigt eine Perspektivansicht der Verfahrenrichtung „mit der rechten Seite nach oben“ und eine Konstruktionsschicht **198**. Die LEDs **196** sind mit optischen Fasern oder Lichtleitern **200** verbunden, die Licht von den LEDs zu der Konstruktionsschicht leiten. UV-Licht von den LEDs **196** verlässt die Lichtleiter **200** über Enden **202**, die durch eine geeignete Tragstruktur oder ein Gehäuse (nicht gezeigt) in enger Nähe zu der Konstruktionsschicht **198** getragen werden ([Fig. 9B](#)). Wahlweise sind die Enden **202** derart mit einer geeigneten Linse verbunden oder ausgebildet, dass UV-Licht in einem Lichtkegel mit ei-

nem relativ großen Kegelwinkel austritt. Die LEDs **196** und wahlweise Schaltungen, die den LEDs zugeordnet sind, werden in einer relativ offenen Konfiguration in einem Gehäuse (nicht gezeigt) getragen oder montiert, um die Wärmeableitung zu verbessern.

[**0143**] Wie oben angemerkt, bewegt die Steuerung **26** die Verfahrenrichtung **28** während der Herstellung eines Objektes periodisch zu dem Wartungsbereich **220** ([Fig. 1](#)) und führt einen Reinigungsvorgang durch. Der Reinigungsvorgang umfasst im Allgemeinen einen Spülvorgang, bei dem Konstruktionsmaterial von allen Öffnungen gleichzeitig gelöst wird, um den Materialfluss durch den Druckkopf aufzufrischen. Die Steuerung **26** steuert dann die Verfahrenrichtung **28** derart, dass sie eine Kante von wenigstens einem von dem ersten Reinigungsblatt **225** und dem zweiten Reinigungsblatt **227** berührt und sich in eine Richtung im Wesentlichen senkrecht derart zu der Kante bewegt, dass das Reinigungsblatt restliche Tropfen von Material, die nach dem Spülen auf der Öffnungsfläche zurückbleiben, sowie „Rückstände“ überschüssigen Konstruktionsmaterials und Schmutz, die sich während der Herstellung auf den Flächen von Druckköpfen **52** ansammeln, wegwischt.

[**0144**] Die [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) zeigen schematisch eine vergrößerte Perspektivansicht bzw. Querschnittansicht des unteren Teils der Verfahrenrichtung **28** während eines Reinigungsvorgangs nach einer Ausführung der Erfindung. Die Figur zeigt Reinigungsblätter **225** und **227**, die Konstruktionsmaterialrückstände **229** von Flächen, hierin im Folgenden „Öffnungsflächen“ **230**, von Druckköpfen **52**, in denen Ausgangsöffnungen **58** angeordnet sind, entfernen und diese sauber wischen.

[**0145**] Die Reinigungsblätter **225** und **227** weisen „Reinigungskanten“ **226** bzw. **228** auf, die wahlweise zueinander und zu der x-Achse parallel sind. Wahlweise befindet sich die Reinigungskante **226** des ersten Reinigungsblattes **225** eng an den Öffnungsflächen **230**, aber ist zu ihnen versetzt und berührt sie nicht. Die Reinigungskante **228** des zweiten Reinigungsblattes **227** berührt die Öffnungsflächen **230**. Die Verfahrenrichtung **28** bewegt sich parallel zu der y-Achse in eine durch einen Blockpfeil **232** angezeigte Richtung. Während sich die Verfahrenrichtung **28** bewegt, entfernt die Kante **226** des ersten Reinigungsblattes **225** relativ große Ansammlungen von Rückständen, die im Wesentlichen von Öffnungsflächen **232** vorstehen. Die Kante **228** des zweiten Reinigungsblattes **227** entfernt verbleibende Rückstände und streift die Flächen sauber ab.

[**0146**] Die Rückstände **229**, die durch die Reinigungsblätter **225** und **227** von den Flächen der Druckköpfe **52** entfernt werden, fallen oder tropfen in den Sumpf **222**, der in gestrichelten Linien gezeigt

wird. Ein ausreichender Abstand trennt das erste und das zweite Wischblatt **225** und **227** derart, dass Rückstände, die durch die Reinigungskanten **226** und **228** der Blätter entfernt werden, nicht daran gehindert werden, in den Sumpf **222** zu tropfen und zu fallen. Eine geeignete Vakuumpumpe (nicht gezeigt) entfernt während der Wartungsvorgänge Rückstände, die sich in dem Sumpf **222** angesammelt haben.

**[0147]** Die Erfinder haben festgestellt, dass bei Verwendung von zwei Reinigungsblättern, eine Vorwischeinrichtung, d. h. ein erstes Reinigungsblatt **225**, welche die Flächen **230** der Druckköpfe **52** nicht ganz berührt, und ein Abstreifer, d. h. ein zweites Reinigungsblatt **227**, das die Flächen berührt und die Flächen abstreift, eine Tendenz des Ansammelns von Rückständen zwischen den Druckköpfen während des Reinigens verringert wird.

**[0148]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung sind die Kanten von Reinigungsblättern nicht gerade, sondern weisen ein zinnenförmiges oder bogenförmiges Muster auf. [Fig. 10C](#) zeigt schematisch ein Reinigungsblatt **240** mit einer bogenförmigen Kante **242**. Eine gerade Reinigungsblattkante neigt dazu, Teile von Rückständen, die das Blatt von den Druckköpfen **52** abstreift, seitlich entlang der Blattkante zu schieben. Rückstände, die an der Kante entlang gedrückt werden, neigen dazu, in Räumen zwischen den Druckköpfen aufgefangen und angesammelt zu werden. Eine bogenförmige Kante neigt dazu, seitliche Bewegung entfernter Rückstände zu verhindern und die Rückstände nach unten zu dem Sumpf **222** hin zu leiten.

**[0149]** Eine bogenförmige Kante ist nicht die einzige geformte Kante, die so wirkt, dass sie seitliche Bewegung von Rückständen entlang der Kante verhindert. [Fig. 10D](#) zeigt schematisch ein Reinigungsblatt **244** mit einer Kante **246**, die wie eine Folge dreieckiger Impulse geformt ist, die zum Beispiel auf ähnliche Weise wirken.

**[0150]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung umfasst der Reinigungsbereich **220** ([Fig. 1](#)) ein einzelnes Reinigungsblatt. Die [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) zeigen schematisch eine Perspektivansicht bzw. eine Querschnittsansicht der Vorrichtung **28**, die wartungsgemäßem Reinigen unterzogen wird, während dem wahlweise ein einzelnes Reinigungsblatt **248** Öffnungsflächen **230** von Druckköpfen **52** reinigt.

**[0151]** Das Reinigungsblatt **248** umfasst ein dünnes elastisches Blatt, das wahlweise aus Kunststoff, Gummi oder Metall ausgebildet ist. Wahlweise ist das Reinigungsblatt **248** aus einem dünnen Stahlblech von ungefähr 50 Mikrometer Dicke ausgebildet. Das Reinigungsblatt **248** ist derart über dem Sumpf **222** montiert, dass es sich in einem Winkel in Bezug auf die Flächen **230** der Druckköpfe **52** befindet. Wäh-

rend des Reinigens positioniert die Steuerung **26** ([Fig. 1](#)) die Vorrichtung **28** derart, dass Flächen **230** ([Fig. 11B](#)) auf das Reinigungsblatt **248** herabdrücken und das Blatt zum Berühren der Flächen in einem spitzen Winkel und eine Reinigungskante **250** des Blattes zum elastischen Drücken auf die Flächen veranlassen. Während sich die Vorrichtung **28** in die Richtung des Blockpfeils **232** bewegt, streift die Reinigungskante **250** Rückstände **229** effizient von den Flächen **230** ab, so dass sie in den Sumpf **222** tropfen und/oder fallen.

**[0152]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung ist ein dem Reinigungsblatt **248** ähnliches Reinigungsblatt nach einer Ausführung der Erfindung derart geschlitzt, dass es eine Mehrzahl von einzeln biegsamen Zähnen aufweist. [Fig. 11C](#) zeigt schematisch ein geschlitztes Reinigungsblatt **260** nach einer Ausführung der Erfindung der Reinigungs-Vorrichtung **28**. Das Reinigungsblatt **260** umfasst eine Mehrzahl von Zähnen **262** mit Reinigungskanten **264**. Während des Reinigens berührt jeder Zahn **262** eine Fläche **230** eines anderen Druckkopfes **52** in einem spitzen Winkel und eine Kante **264** des Zahnes drückt elastisch auf die Fläche. Da jeder Zahn **262** im Wesentlichen unabhängig von den anderen Zähnen biegsam ist, passt sich jeder Zahn **262** unabhängig von den anderen Zähnen an die Höhe, d. h. die z-Koordinate, der von ihm gereinigten Fläche **230** des Druckkopfes **52** an. Das Reinigungsblatt **260** kann daher effizient geringfügige Unterschiede bei den Höhen der Flächen **230** kompensieren.

**[0153]** Es ist zu beachten, dass die Ausbildung mit Schlitzten nach einer Ausführung der Erfindung nicht nur für Blätter vorteilhaft ist, die wie die Blätter **248** und **260** arbeiten. Reinigungsblätter, die den Blättern **225** und **227** ([Fig. 10A](#)) und den Blättern **242** und **246** ähnlich sind, können außerdem so geschlitzt sein, dass in Wirklichkeit jedes Blatt eine Mehrzahl von kleinen Reinigungsblättern (d. h. Zähne) umfasst, von denen jedes einen anderen Druckkopf **52** reinigt und sich im Wesentlichen unabhängig an Unterschiede bei den Höhen von Flächen **230** der Köpfe anpasst.

**[0154]** Trotz der Implementierung regelmäßiger wartungsgemäßer Reinigung von Druckköpfen **52** während der Konstruktion eines Objektes können Konstruktionsmaterialrückstände auf eine Konstruktionsschicht fallen oder es kann während des Nivellierens einer Konstruktionsschicht die Schicht beschädigt werden, wobei sie in beiden Fällen mit unerwünschten Protuberanzen zurückbleibt. In diesen Situationen können nicht nur Protuberanzen in der Schicht die Qualität einer nächsten Schicht, die auf die beschädigte Schicht aufzutragen ist, beschädigen, sondern die Vorrichtung **28** könnte, während sie sich über die Konstruktionsschicht bewegt, mit der Protuberanz kollidieren und beschädigt wer-



den.

**[0155]** Daher umfasst eine Schnellherstellungsvorrichtung nach einer Ausführung der Erfindung, wie die Schnellherstellungsvorrichtung **20**, wahlweise ein Hinderniserfassungssystem. Das Erfassungssystem erzeugt Signale als Antwort auf unerwünschte Protuberanzen, die auf einer Konstruktionsschicht ausgebildet sein können, und sendet die Signale zu der Steuerung **26**. Die Steuerung führt entweder eine korrigierende Handlung durch, wie den Versuch, die Schicht unter Verwendung der Nivellierwalze **27** zu nivellieren, oder unterbricht die Herstellung des Objektes und erzeugt einen Alarm, der anzeigt, dass ein Benutzereingriff erforderlich ist.

**[0156]** Die [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) zeigen schematisch eine Perspektivansicht bzw. Querschnittsansicht einer Schnellherstellungsvorrichtung **300**, die der Schnellherstellungsvorrichtung **20** ähnlich ist und ein Hinderniserfassungssystem **302** nach einer Ausführung der Erfindung umfasst. In den [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) werden lediglich Bauteile und Merkmale der Schnellherstellungsvorrichtung **300** gezeigt, die für die Besprechung relevant sind. In den Figuren wird die Schnellherstellungsvorrichtung **300** so gezeigt, dass sie während der Herstellung eines Objektes (nicht gezeigt) Schichten **304** aus Konstruktionsmaterial ausbildet und Protuberanzen in einer oberen Konstruktionsschicht **306** erfasst.

**[0157]** Das Hinderniserfassungssystem **302** umfasst wahlweise einen Laser **308** und damit verbundene Optik nach Bedarf (nicht gezeigt), die durch die Steuerung **26** steuerbar sind, um wahlweise ein Strahlenbündel **310** von Laserlicht bereitzustellen. Das Erfassungssystem umfasst einen optischen Detektor **312** und damit verbundene Optik nach Bedarf (nicht gezeigt) zum Erfassen von Licht, das von dem Laser **308** bereitgestellt wird. Wahlweise sind der Laser **308** und der Detektor **312** an Schlitten **314** bzw. **315** montiert, die in Schlitzen **316** und **317** sitzen, die in dem Arbeitstisch **25** ausgebildet sind. Die Schlitten **314** und **315** sind wahlweise an Gewindewellen **318** und **319** montiert, die in den Schlitzen **316** bzw. **317** angeordnet sind. Die Schlitze sind wahlweise parallel zu der y-Achse. Die Steuerung **26** steuert wenigstens einen Motor (nicht gezeigt) derart, dass er die Wellen **318** und **319** dreht und die Schlitten **314** und **315** an gewünschten Positionen an ihren jeweiligen Schlitzen **316** und **317** entlang und damit an gewünschten y-Koordinaten positioniert. Wahlweise sind der Laser **308** und der Detektor **312** durch die Steuerung **26** derart steuerbar, dass sie in Richtungen senkrecht zu dem Arbeitstisch **25** (d. h. parallel zu der z-Achse) angehoben und gesenkt werden können.

**[0158]** Um Protuberanzen in der oberen Konstruktionsschicht **306** zu erfassen, positioniert die Steuerung **26** den Laserstrahl **10** derart, dass er die Fläche

der Schicht entlang einer Länge des Laserstrahls kontaktiert, und bewegt den Schlitten **314** derart entlang dem Schlitz **316**, dass, während er sich bewegt, Protuberanzen, die in der Schicht vorhanden sein können, Licht in dem Laserstrahl wenigstens teilweise sperren. Während die Steuerung **26** den Laser **308** bewegt, bewegt sie den Detektor **312** derart, dass er Licht von dem Strahlenbündel **10** erfasst. Signale, die von dem Detektor **312** als Antwort auf Licht in dem Strahl **10** erzeugt werden, zeigen an, ob und wann der Strahl gesperrt ist und zeigen damit das Vorhandensein einer Protuberanz an. [Fig. 12C](#) zeigt schematisch einen durch eine Protuberanz **320** gesperrten Laserstrahl an. Wahlweise bewegt die Steuerung **26** den Laser **308** und den Detektor **312** derart, dass das Strahlenbündel **10** der Vorrichtung **28** vorausläuft, während sie sich entlang der y-Achse bewegt, und, unmittelbar bevor Druckköpfe in der Vorrichtung die Region mit Konstruktionsmaterial für eine nächste Konstruktionsschicht überdrücken, eine Region der oberen Schicht **306** nach Protuberanzen „abtastet“.

**[0159]** Es ist zu beachten, dass bei der Konfiguration des in den [Fig. 12A](#) und [Fig. 12B](#) gezeigten Hinderniserfassungssystems **302** die Bewegung des Lasers **308** und des Detektors **312** entlang der z-Achse begrenzt ist. Die Begrenzung beeinflusst nicht die Fähigkeit des Erfassungssystems **302**, Protuberanzen in einer oberen Konstruktionsschicht zu erfassen, da bei der Schnellherstellungsvorrichtung **300**, wie bei der Schnellherstellungsvorrichtung **20**, angenommen wird, dass bei jeder neuen Konstruktionsschicht die Konstruktionsplattform **24** um im Wesentlichen eine Schichtdicke gesenkt wird. Als Folge werden alle von der Schnellherstellungsvorrichtung **300** hergestellten Konstruktionsschichten im Wesentlichen auf einer selben Höhe über dem Arbeitstisch **25**, d. h. mit einer selben z-Koordinate, oder auf Höhen über dem Arbeitstisch innerhalb eines selben kleinen Bereichs von Höhen hergestellt.

**[0160]** Bei einigen Schnellherstellungsvorrichtungen nach Ausführungen der Erfindung werden jedoch nicht alle Konstruktionsschichten an einer im Wesentlichen selben z-Koordinate hergestellt. Stattdessen wird die Vorrichtung der Schnellherstellungsvorrichtung bei jeder Konstruktionsschicht von wenigstens einigen neuen Schichten, welche die Schnellherstellungsvorrichtung herstellt, um eine Schichtdicke angehoben. Bei solchen Ausführungen kann es vorteilhaft, wenn nicht notwendig, sein, dass ein Hinderniserfassungssystem einen Dynamikbereich entlang der z-Achse aufweist, der im Wesentlichen größer ist als der von dem Erfassungssystem **302**. Ein Hinderniserfassungssystem nach einer Ausführung der Erfindung kann selbstverständlich dann, wenn dies erforderlich oder vorteilhaft ist, derart bereitgestellt werden, dass es einen im Wesentlichen größeren Dynamikbereich entlang der z-Achse auf-

weist als der des Erfassungssystems **302**.

[0161] [Fig. 12D](#) zeigt schematisch ein Hinderniserfassungssystem **330** nach einer Ausführung der Erfindung, das eine Variante des Systems **300** ist. Das Hinderniserfassungssystem **330** weist einen Dynamikbereich entlang der z-Achse auf, der im Wesentlichen größer ist als der des Systems **302**. Das Erfassungssystem **330** umfasst wahlweise Schlitten **332**, die jeweils ein Gleitelement **334** aufweisen, das derart steuerbar ist, dass es angehoben und abgesenkt werden kann. Ein Laser **308** und ein Detektor **312** sind an Gleitelementen **334** in unterschiedlichen Schlitten **332** montiert und sind wahlweise derart steuerbar, dass sie an unterschiedlichen Positionen entlang der Länge des Gleitelementes in der z-Richtung positioniert werden können. Elf Dynamikbereich zum Positionieren des Lasers **308** und des Detektors **312** entspricht im Wesentlichen einem Dynamikbereich der Bewegung der Gleitelemente **334** in der z-Richtung zuzüglich im Wesentlichen eines Umfangs der Gleitelemente in der z-Richtung. Alternativ können, als ein anderes Beispiel, ein Laser und ein Detektor zum Erfassen von Protuberanzen derart an der Verfahrenrichtung **28** montiert sein, dass sie sich parallel zu der z-Achse mit der Verfahrenrichtung bewegen.

[0162] Es ist zu beachten, dass Hinderniserfassungssysteme nach Ausführungen der Erfindung, wie zum Beispiel die Erfassungssysteme **302** und **330**, nicht nur zum Erfassen von Protuberanzen in Konstruktionsschichten, sondern außerdem zum Erfassen des Vorhandenseins von Hindernissen auf der Konstruktionsplattform **24** verwendet werden können. Solche Hindernisse können zum Beispiel Stücke eines ersten Objektes, das von einer Schnellherstellungsvorrichtung konstruiert wird, umfassen, die auf unvermeidbare Weise auf der Konstruktionsplattform der Schnellherstellungsvorrichtung verblieben sind und die Herstellung eines zweiten nachfolgenden Objektes durch die Schnellherstellungsvorrichtung stören könnten.

[0163] Wahlweise umfasst nach einer Ausführung der Erfindung eine Schnellherstellungsvorrichtung ein Kollisionserfassungssystem, um zu erfassen, ob und wann die Verfahrenrichtung der Schnellherstellungsvorrichtung mit einem Hindernis kollidiert. Bei Eintreten einer Kollision unterbricht die Steuerung **26** wahlweise die Herstellung eines Objektes und erzeugt einen Alarm, um einen Benutzer zu alarmieren, dass eine Kollision eingetreten ist und dass sein Eingreifen erforderlich ist.

[0164] Als Beispiel wird die in den [Fig. 12A](#) bis [Fig. 12D](#) gezeigte Schnellherstellungsvorrichtung **300** so gezeigt, dass sie ein Kollisionserfassungssystem **340** umfasst, das wahlweise an der Verfahrenrichtung **28** montiert ist. Wahlweise umfasst das Kol-

lisionserfassungssystem **340** einen Beschleunigungsmesser (nicht gezeigt), der Signale als Antwort auf die Beschleunigung der Verfahrenrichtung **28** erzeugt. Eine Kollision erzeugt normalerweise eine Kraft, die eine unerwünschte Verfahrenrichtungsbeschleunigung mit einem charakteristischen Profil erzeugt, das zum Identifizieren der Beschleunigung als Resultat einer Kollision verwendet werden kann. Zum Beispiel führt eine Kollision im Allgemeinen zu einem Impuls, der an die Verfahrenrichtung angelegt wird und eine entsprechende identifizierbare Beschleunigung erzeugt.

[0165] Während in den [Fig. 12A](#) bis [Fig. 12D](#) das Kollisionssystem **340** an der Verfahrenrichtung **28** montiert gezeigt wird, kann ein Kollisionserfassungssystem nach einer Ausführung der Erfindung in oder an anderen Bauteilen einer Schnellherstellungsvorrichtung montiert sein. Zum Beispiel kann ein Kollisionserfassungssystem an einem Bauteil (nicht die Verfahrenrichtung) der Schnellherstellungsvorrichtung montiert sein, um Schwingungen in dem Bauteil zu erfassen, die für diejenigen, die durch eine Kollision erzeugt werden, charakteristisch sind. Bei einigen Ausführungen der Erfindung umfasst ein Kollisionserfassungssystem ein Mikrofon und zugeordnete Algorithmen zum Identifizieren von Tönen, die typischerweise eine Kollision begleiten.

[0166] Die Druckauflösung von Tropfen von Konstruktionsschichten, die durch eine Schnellherstellungsvorrichtung aufgetragen werden (d. h. Dichte von Tropfen von Konstruktionsmaterial, das entlang der x- und der y-Richtung gedruckt wird) und andere „Betriebsparameter“, die Betriebsspezifikationen einer Schnellherstellungsvorrichtung definieren, sind im Allgemeinen komplexe Funktionen voneinander. Zum Beispiel wird ein „Verschwendungsverhältnis“ herkömmlicherweise als ein Verhältnis der Menge von Konstruktionsmaterial, das durch eine Nivellierwalze **27** ([Fig. 1](#)) von einer gedruckten Konstruktionsschicht entfernt wird, zu einer Menge von Material, das zum Ausbilden der Schicht gedruckt wird, definiert. Bei einem Anstieg des Verschwendungsverhältnisses sinkt im Allgemeinen die Dicke einer Schicht, die Qualität der Konstruktion steigt (die Auflösung der Konstruktion in der Schichtungsrichtung, d. h. z-Richtung, steigt), die Herstellungsgeschwindigkeit sinkt und die Kosten steigen. Um einen effektiven Betrieb einer Schnellherstellungsvorrichtung bereitzustellen, werden Werte für ihre Betriebsparameter anhand ihrer Interdependenzen bestimmt. Da Interdependenzen der Betriebsparameter einer Schnellherstellungsvorrichtung im Allgemeinen vielfältig sind, ist es normalerweise kompliziert, einen Satz von Werten für die Betriebsparameter zu bestimmen, die effizienten Betrieb der Schnellherstellungsvorrichtung bereitstellen. Die Auflösung und andere Betriebsparameter einer Schnellherstellungsvorrichtung werden daher normalerweise werkseitig

eingestellt und sind nicht durch einen Benutzer einstellbar. Als Folge besitzt ein Benutzer begrenzte Flexibilität beim Bestimmen von Herstellungsspezifikationen, hierin im Folgenden „Objektspezifikationen“, die gewünschte Eigenschaften und Charakteristiken eines Objektes, das die Schnellherstellungsvorrichtung herstellt, definieren.

**[0167]** Um Flexibilität und erweiterte Benutzersteuerung von Betriebsparametern einer Schnellherstellungsvorrichtung und damit von Objektspezifikationen bereitzustellen, ist die Steuerung der Schnellherstellungsvorrichtung nach einer Ausführung der Erfindung mit „Schnellherstellungsvorrichtung“-Betriebsalgorithmen und -daten versehen. Die Schnellherstellungsvorrichtung-Betriebsalgorithmen und -daten ermöglichen einem Benutzer das Einstellen der Betriebsparameter einer Schnellherstellungsvorrichtung anhand von gewünschten Spezifikationen für ein Objekt, das die Schnellherstellungsvorrichtung herstellt. Der Benutzer gibt in die Schnellherstellungsvorrichtung Informationen ein, die gewünschte Objektspezifikationen definieren, und die Steuerung stellt Betriebsparameter der Schnellherstellungsvorrichtung anhand der Schnellherstellungsvorrichtung-Daten und -algorithmen ein, um die Objektspezifikationen zu erfüllen. Wenn ein bestimmtes Profil von Objektspezifikationen nicht erfüllt werden kann, teilt die Steuerung dem Benutzer mit, dass sie nicht erfüllt werden können, und weist ihn darauf hin, welche Objektspezifikationsoptionen verfügbar sind und wie weiter zu verfahren ist, um ein annehmbares Objektspezifikationsprofil einzustellen.

**[0168]** Zum Beispiel ist die Steuerung **26** der Schnellherstellungsvorrichtung **20** wahlweise mit Daten versehen, die Werte für Schichtdicke (LT), x- und/oder y-Achsen-Druckauflösung (PR) und Ansteuerspannung (DV) für Druckköpfe **52** korrelieren, die das Volumen von Tropfen von Konstruktionsmaterial steuern, welche die Druckköpfe abgeben. **Fig. 13** zeigt eine schematische grafische Darstellung **350** von Schnellherstellungsvorrichtungsdaten, die für die Steuerung **26** verfügbar sind. Die grafische Darstellung **350** zeigt eine Fläche **360**, die Werte für Schichtdicke LT, Auflösung PR und Betriebsspannung DV für einen Druckkopf **52** in Beziehung setzt. (Betriebsdaten wie diejenigen, die durch die grafische Darstellung **350** dargestellt werden, können für unterschiedliche Druckköpfe unterschiedlich sein. Wie oben angemerkt, werden nach einer Ausführung der Erfindung solche Betriebsdaten der Steuerung **26** für jeden Druckkopf **52** durch den Speicher **49** bereitgestellt, der in der Druckkopf-Leiterplatte **55** beinhaltet ist.) Bei der Auflösung wird angenommen, dass sie zum Herstellen einer Konstruktionsschicht in Einheiten von dpi, Punkte oder Tropfen von Konstruktionsmaterial je Zoll, entlang der z. B. in **Fig. 1** gezeigten x- oder y-Achse gemessen wird. Die Linien **361** und **362** auf der Fläche **360** helfen beim Visualisieren

der Fläche und liegen in Ebenen parallel zu der DV-LT- bzw. der PR-LY-Ebene in der grafischen Darstellung **350**. Die Linien **361** und andere Linien in Ebenen parallel zu der DV-LT-Ebene zeigen Schichtdicke LT als Funktion von Ansteuerspannung DV für unterschiedliche Festwerte der Auflösung PR. Die Linien **362** und andere Linien in der Fläche **360**, die parallel zu der PR-LT-Ebene sind, zeigen LT als Funktion von PR für unterschiedliche Festwerte von DV. Wenn ein Benutzer eine gewünschte Konstruktionschicht LT und eine Druckauflösung PR spezifiziert, bestimmt die Steuerung **26** Ansteuerspannung nach einem geeigneten Schnellherstellungsvorrichtungs-Algorithmus anhand der in der grafischen Darstellung **350** dargestellten Daten.

**[0169]** Wenn es keine Ansteuerspannung gibt, welche die spezifizierten LT und PR bereitstellt, alarmiert die Steuerung **26** den Benutzer in Bezug auf diesen Umstand und legt dem Benutzer annehmbare Bereiche für LT und RP vor.

**[0170]** Aus der grafischen Darstellung **350** ist ersichtlich, dass sich bei einer vorgegebenen Ansteuerspannung DV die Schichtdicke LT einer Konstruktionschicht bei einem von einer Schnellherstellungsvorrichtung hergestellten Objekt erhöht, wenn die Druckauflösung PR steigt. Dies kommt daher, weil bei einer vorgegebenen DV Tropfen von Konstruktionsmaterial, die von einem Druckkopf **52** abgegeben werden, im Wesentlichen ein selbes Volumen von Material umfassen und bei steigender Auflösung die Dichte von Tropfen, die pro Zoll abgegeben werden, d. h. dpi, entlang der x- und/oder y-Achse steigt. Als Folge wird mehr Material pro Flächenbereichseinheit der Konstruktionsschicht abgegeben und die Dicke der Schicht nimmt zu. Wenn jedoch die Dicke von Konstruktionsschichten zunimmt, sinkt die Konstruktionsauflösung entlang der z-Achse und die Wirklichkeitstreue des von der Schnellherstellungsvorrichtung hergestellten Objektes gegenüber einem Artikel, von dem das Objekt eine Kopie ist, wird verringert. Die Wirkungen der Oberflächenspannung von Konstruktionsmaterial, das zum Ausbilden einer Konstruktionschicht gedruckt wird, verringern außerdem die Wirklichkeitstreue und Qualität des hergestellten Objektes. Die Oberflächenspannung des Konstruktionsmaterials neigt dazu, Kanten einer Konstruktionschicht zu verformen, und Verformung von Kanten neigt dazu, mit steigender Schichtdicke zuzunehmen.

**[0171]** Nach einer Ausführung der Erfindung wird ein von einer Schnellherstellungsvorrichtung konstruiertes Objekt, das Wirklichkeitstreue und Qualität aufweist, die durch relativ hohe Druckauflösung entlang der x- und/oder y-Achse bereitgestellt werden, aus relativ dünnen Konstruktionsschichten hergestellt.

**[0172]** Die x-Teilung und die y-Teilung einer Kon-



struktionschicht seien bei dem Objekt die Abstände zwischen Koordinaten, an denen Konstruktionsmaterialtropfen entlang der x- bzw. y-Achse aufgetragen werden, um die Schicht auszubilden. (Die x-Teilung und y-Teilung seien die Umkehrungen der x- bzw. y-Druckauflösung.) Schichten in dem Objekt werden mit relativ niedriger x- und/oder y-Druckauflösung (nicht notwendigerweise dieselbe) und entsprechender relativ großer x-Teilung und/oder y-Teilung derart gedruckt, dass die Schichten relativ dünn sind und gegenüber Oberflächenspannungswirkungen nicht so empfindlich sind wie dicke Schichten. Nach einer Ausführung der Erfindung werden jedoch die x- und/oder y-Koordinaten, an denen Tropfen von Konstruktionsmaterial in benachbarten Konstruktionschichten aufgetragen werden, um einen Bruch, einen „Teilungsbruch“, voneinander verschoben, der geringer ist als eines von der x-Teilung und/oder y-Teilung der Tropfen. (Der Teilungsbruch ist nicht notwendigerweise für beide x- und y-Koordinaten derselbe.)

**[0173]** Die Erfinder haben festgestellt, dass die Wirklichkeitstreue und Qualität des Objektes im Wesentlichen diejenigen eines Objektes sind, das aus relativ dünnen Schichten mit „effektiven“ x- und/oder y-Auflösungen konstruiert ist, die den relativ niedrigen Auflösungen, mit denen die Schichten tatsächlich gedruckt werden, multipliziert mit dem Kehrwert des entsprechenden Teilungsbruchs entsprechen. Da der Teilungsbruch geringer als 1 ist, werden die effektiven Auflösungen im Wesentlichen erhöht.

**[0174]** [Fig. 14](#) stellt schematisch Druckschichten nach einer Ausführung der Erfindung, wie oben beschrieben, dar. Die Figur zeigt einen schematischen Querschnitt als Beispiel parallel zu der xz-Ebene von Konstruktionsschichten **381**, **382**, **383**, die durch eine Schnellherstellungsvorrichtung ausgebildet werden, nach einer Ausführung der Erfindung. Die Schichten **381**, **382** und **383** werden aus Tropfen von Konstruktionsmaterial **391**, **392** bzw. **393** ausgebildet. Die Tropfen werden schematisch gezeigt, nachdem sie sich gemischt haben und durch eine Nivellierwalze, wie der Nivellierwalze **27** ([Fig. 1](#)), nivelliert wurden. Die Druckkonfiguration von Konstruktionsschichten **381**, **382** und **383** wird danach nach jeweils drei Schichten wiederholt, wobei jede dritte Schicht dieselben x-Koordinaten aufweist.

**[0175]** Die Schichten **381**, **382** und **383** werden mit einer relativ niedrigen Auflösung von N dpi, entlang der x-Achse und entsprechender x-Teilung, „ $\Delta x$ “ =  $1/N$  Zoll, gedruckt. Der Teilungsbruch sei durch „ $1/P$ “ dargestellt, wobei „P“ eine Zahl größer als 1 ist. Dann sind die x-Koordinaten von Tropfen **391** in einer „n-ten“ Reihe von Tropfen, die durch die Schnellherstellungsvorrichtung gedruckt wird,  $(x_0 + (n - 1)\Delta x)$ , wobei  $x_0$  die x-Koordinate eines ersten Tropfens entlang der x-Achse in der Schicht **381** ist. Nach einer

Ausführung der Erfindung sind entsprechende x-Koordinaten von Tropfen **392** in der Schicht **382**  $(x_0 + (n - 1)\Delta x + (1/P)\Delta x)$  und entsprechende x-Koordinaten von Tropfen **393** in der Schicht **383** sind wahlweise  $(x_0 + (n - 1)\Delta x + \Delta x)$ .

**[0176]** Die x-Koordinaten von Tropfen in jeder Schicht **381**, **382** und **383** entsprechen den x-Koordinaten homologer Voxel, die durch die Konstruktionsdaten eines Objektes definiert werden, anhand derer die Schichten gedruckt werden. Die Konstruktionsdaten-Voxel, die Tropfen in benachbarten Schichten entsprechen, sind um einen Abstand, der  $(1/P)\Delta x$  entspricht, relativ zueinander versetzt.

**[0177]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung entsprechen die Tropfen in jeder Schicht homologen Voxeln in entsprechenden Schichten, die anhand der Konstruktionsdaten definiert werden, die in Voxel mit einer x-Teilung, die  $\Delta x$  entspricht, unterteilt sind und „niedriger“ Druckauflösung N entsprechen. Die Schichten sind „dünne Schichten“, die eine Dicke aufweisen, die derjenigen der Konstruktionsschichten **381**, **382** und **383** entspricht.

**[0178]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung entsprechen Tropfen in allen drei Schichten homologen Voxeln in einer „dicken“ Schicht, die anhand der Konstruktionsdaten definiert ist, die eine Dicke aufweisen, die derjenigen der Kombination aller drei Schichten entspricht. Die dicke „Konstruktionsdatenschicht“ ist in Voxel mit einer x-Teilung  $(1/P)\Delta x$  unterteilt, die „hocheffektiver“ Druckauflösung  $(P \times N)$  entspricht. Die Tropfen **391** in der Konstruktionsschicht **381** entsprechen den Voxeln in der Konstruktionsdatenschicht mit x-Koordinaten, die  $(x_0 + (n - 1)\Delta x)$  entsprechen. Die Tropfen **392** und **393** in den Schichten **382** und **383** entsprechen den Tropfen in der Konstruktionsdatenschicht mit x-Koordinaten, die  $(x_0 + (n - 1)\Delta x + (1/P)\Delta x)$  bzw.  $(x_0 + (n - 1)\Delta x + \Delta x)$  entsprechen.

**[0179]** Die Erfinder haben festgestellt, dass eine effektive Druckauflösung für die Schichten **281**, **282** und **283** im Wesentlichen  $P \times N$  entspricht, wobei dies einer effektiven x-Teilung entspricht, die  $\Delta x/P$  entspricht. Die effektive x-Teilung  $\Delta x/P$  für die Schichten **281**, **282** und **283** wird in [Fig. 14](#) angezeigt.

**[0180]** Als numerisches Beispiel entspricht P in [Fig. 14](#) 2 und der Teilungsbruch beträgt 0,5. Wenn niedrige Druckauflösung N entlang der x-Achse 600 dpi entspricht und die entsprechende x-Teilung  $1/600$  Zoll beträgt, dann ist eine effektive Druckauflösung entlang der x-Achse für die Schicht  $2 \times 600 = 1200$  dpi und eine entsprechende x-Teilung hoher Auflösung entspricht  $1/1200$  Zoll.

**[0181]** Eine Schnellherstellungsvorrichtung-Herstellungseinrichtung zum Herstellen von Objekten

umfasst eine oder mehrere Schnellherstellungsvorrichtungen, die eine begrenzte Herstellungskapazität definieren und bereitstellen. Wenn Anforderungen zum Herstellen von Objekten von der Einrichtung empfangen werden, muss die Einrichtung bestimmen, wie ihre Herstellungskapazität zuzuteilen und zu planen ist, um die Forderung zu erfüllen. Jede Anforderung von Herstellung definiert wenigstens ein Objekt, das gemäß einem Satz von Objektspezifikationen herzustellen ist, der einen Satz von Schnellherstellungsvorrichtungsbetriebsparametern (z. B. Auflösung, Schichtdicke, Verschwendungsverhältnis, Herstellungszeit, ...) definiert, der sich oft von dem anderer Herstellungsanforderungen unterscheidet. Das Zuteilen und Planen von Herstellungskapazität ist daher im Allgemeinen kompliziert und erfordert häufig einen Herstellungsverwalter, der durch geeignete Computerprogramme unterstützt wird, um die Auftragsplanung zu überwachen und zu implementieren.

**[0182]** Nach einer Ausführung der Erfindung wird die Zuteilung und Planung von Herstellungskapazität einer Schnellherstellungsvorrichtungseinrichtung durch einen Auftragsverwaltungsalgorithmus durchgeführt, der eine direkte Schnittstelle zu einem Benutzer bildet und Herstellungskapazität wahlweise ohne Eingreifen eines Herstellungsverwalters zuteilt und plant.

**[0183]** Wenn ein Benutzer bei der Einrichtung eine Bestellung für einen Herstellungsauftrag abgeben möchte, greift der Benutzer auf den Auftragsverwaltungsalgorithmus zu. Als Antwort legt der Auftragsverwaltungsalgorithmus dem Benutzer, wahlweise auf einem Computerbildschirm unter Verwendung einer geeigneten grafischen Benutzeroberfläche, eine Mehrzahl virtueller Konstruktionsplattformen vor. Jede virtuelle Konstruktionsplattform stellt eine Konstruktionsplattform, wie die in [Fig. 1](#) gezeigte Konstruktionsplattform **24**, dar, auf der eine Schnellherstellungsvorrichtung der Schnellherstellungsvorrichtungseinrichtung Objekte konstruiert, die von der Einrichtung bestellt werden.

**[0184]** Jede virtuelle Konstruktionsplattform ist durch eine Mehrzahl von "Plattformparametern" gekennzeichnet. Die Plattformparameter definieren beispielsweise einen geschätzten Zeitpunkt, zu dem die Herstellung von Objekten auf der Plattform planmäßig beginnt und wahlweise endet, verfügbaren Herstellungsraum auf der Plattform und Kosten des Raumes. Wahlweise umfassen die Plattformparameter Schnellherstellungsvorrichtungsbetriebsparameter, wie Schichtdicke, Auflösung und Verschwendungsverhältnis, anhand derer die Schnellherstellungsvorrichtungseinrichtung Objekte auf der Plattform herstellt.

**[0185]** Der Benutzer wählt eine Plattform mit ausrei-

chend verfügbarem Raum für das Objekt, das der Benutzer herstellen möchte, Schnellherstellungsvorrichtungsbetriebsparameter, die den Objektspezifikationen des Herstellungsauftrages entsprechen und die ihm geeignete Planung und Kosten bieten. Sobald der Benutzer den Prozess des Auswählens einer Plattform abgeschlossen hat, erfüllt der Benutzer administrative Anforderungen, wie das Veranlassen von Bezahlung oder das Bestätigen einer Bestellung, um den von ihm bestellten Herstellungsraum und -zeitpunkt zu finalisieren und zu reservieren.

**[0186]** Bei einigen Ausführungen der Erfindung kann ein Benutzer wenigstens einige Plattformparameter einer Plattform definieren. Zum Beispiel legt der Auftragsverwaltungsalgorithmus dem Benutzer wahlweise wenigstens eine „leere“ Konstruktionsplattform vor, für die der Benutzer Plattformparameter definieren kann. Wahlweise umfasst ein Plattformparameter, den der Benutzer definieren kann, eine Priorität, die, wenn sie hoch genug eingestellt ist, ermöglichen kann, dass der Auftrag des Benutzers außer der Reihe vor anderen zuvor geplanten Aufträgen hergestellt werden kann. Der Auftragsverwaltungsalgorithmus erzeugt anhand der von dem Benutzer definierten Plattformparameter wahlweise entsprechende Kosten von Herstellungsraum auf der Plattform. Wenn der Benutzer zum Beispiel eine sehr hohe Priorität für eine Plattform einstellt, welche der Planung anderer Aufträge zuvorkommt, bestimmt der Auftragsverwaltungsalgorithmus entsprechend Kosten von Raum auf der Plattform.

**[0187]** In vielen Situationen ist der Benutzer nicht in der Lage, Schnellherstellungsvorrichtungsbetriebsparameter, Plattformraum, Kosten und andere Parameter, hierin im Folgenden „Auftragsdaten“, die zum Ausführen des Auftrages des Benutzers benötigt werden, passend zu bestimmen. In solchen Fällen bietet der Auftragsverwaltungsalgorithmus dem Benutzer einen Herstellungs-Wizard, der den Benutzer beim Bestimmen von Auftragsdaten unterstützt. Wahlweise unterstützt der Wizard den Benutzer über eine interaktive Befragungssitzung, bei welcher der Wizard dem Benutzer Fragen vorlegt, deren Antworten zum Bestimmen von Auftragsdaten verwendet werden. Wahlweise sendet der Benutzer Konstruktionsdaten, die das Objekt definieren, das der Benutzer herstellen möchte, und der Wizard bestimmt Auftragsdaten aus den gesendeten Konstruktionsdaten. Sobald Auftragsdaten definiert sind, kann der Wizard markieren oder anderweitig anzeigen, welche einer Mehrzahl von Herstellungsplattformen für den Auftrag des Benutzers geeignet sind.

**[0188]** In der Beschreibung und den Ansprüchen der vorliegenden Anmeldung werden jedes der Verben „umfassen“, „enthalten“ und „aufweisen“ und konjugierte Formen davon verwendet, um anzuzeigen, dass das Objekt oder die Objekte des Verbs

nicht notwendigerweise eine vollständige Auflistung von Gliedern, Bauteilen, Elementen oder Teilen des Subjektes oder der Subjekte des Verbs ist/sind.

**[0189]** Die vorliegende Erfindung wurde unter Verwendung ausführlicher Beschreibungen von Ausführungen davon beschrieben, die als Beispiel bereitgestellt werden und nicht die Absicht verfolgen, den Umfang der Erfindung zu begrenzen. Die beschriebenen Ausführungen umfassen unterschiedliche Merkmale, von denen nicht alle bei allen Ausführungen der Erfindung erforderlich sind. Einige Ausführungen der vorliegenden Erfindung nutzen lediglich einige der Merkmale oder möglichen Kombinationen der Merkmale. Varianten von Ausführungen der vorliegenden Erfindung, die beschrieben werden, und Ausführungen der vorliegenden Erfindung, die unterschiedliche Kombinationen von Merkmalen umfassen, die bei den beschriebenen Ausführungen festzustellen sind, sind für Fachleute erkennbar. Der Umfang der Erfindung wird lediglich durch die folgenden Ansprüche beschränkt.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Herstellen eines Objektes, indem anhand von das Objekt definierenden Daten der Reihe nach übereinander dünne Schichten eines Konstruktionsmaterials ausgebildet werden, wobei die Vorrichtung aufweist:  
mehrere Druckköpfe (52), die jeweils eine mit mehreren Ausgangsöffnungen (58) ausgebildete Fläche aufweisen und derart steuerbar sind, dass sie das Konstruktionsmaterial durch jede Öffnung unabhängig von den anderen Öffnungen abgeben; eine Verfahreneinrichtung (28), an der die Druckköpfe befestigt sind;  
eine Stützfläche (24); und  
eine Steuerung (26), die dazu geeignet ist, die Bewegung der Verfahreneinrichtung relativ zu der Stützfläche zu steuern, und, wenn sich die Verfahreneinrichtung relativ zu der Stützfläche bewegt, die Druckköpfe derart zu steuern, dass sie das Konstruktionsmaterial durch jede ihrer entsprechenden Öffnungen in Abhängigkeit von Daten abgeben, um eine erste Schicht auf der Stützfläche und anschließend der Reihe nach die anderen Schichten auszubilden;  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
jeder Druckkopf von der Verfahreneinrichtung demontiert und unabhängig von den anderen Druckköpfen ersetzt werden kann.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei jeder Druckkopf (52) wenigstens eine Registrierungsstruktur (60 oder 62) umfasst, die zu einer Registrierungsstruktur passt, die in der Verfahreneinrichtung (64 oder 66) beinhaltet ist, und, wenn ein Druckkopf an der Verfahreneinrichtung montiert wird, wenigstens eine Registrierungsstruktur des Druckkopfes die entsprechende Registrierungsstruktur der Verfahreneinrichtung

berührt und den Druckkopf ordnungsgemäß in der Verfahreneinrichtung positioniert.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, die wenigstens ein elastisches Element (69) aufweist, das die wenigstens eine Registrierungsstruktur (60 oder 62) dazu bringt, gegen die entsprechende Registrierungsstruktur der Verfahreneinrichtung (64 oder 66) zu drücken.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Öffnungen (58) in jedem Druckkopf in einer linearen Anordnung gleichmäßig voneinander beabstandet sind, die eine erste Öffnung aufweist, die an einem ersten Ende der Anordnung angeordnet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei die wenigstens eine Registrierungsstruktur (60 oder 62), die in jedem Druckkopf (52) beinhaltet ist, und die dieser zugeordnete Registrierungsstruktur der Verfahreneinrichtung (64 oder 66) die Druckköpfe derart positionieren, dass ihre entsprechenden Öffnungslinien parallel sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Öffnungslinien entlang einer Richtung senkrecht zu den Öffnungslinien angeordnet sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die wenigstens eine Registrierungsstruktur (60 oder 62), die in jedem Druckkopf (52) beinhaltet ist, und die dieser zugeordnete Verfahreneinrichtungs-Registrierungsstruktur (64 oder 66) die Druckköpfe derart positionieren, dass die erste Öffnung in jedem Druckkopf relativ zu den ersten Öffnungen der anderen Druckköpfe ordnungsgemäß positioniert ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei Vorsprünge an der Stützfläche (24) von parallelen Linien durch die Mitten der Öffnungen, die senkrecht zu den Öffnungslinien angeordnet sind, im Wesentlichen gleichmäßig voneinander beabstandet sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei Abstände der ersten Öffnungen von derselben Ebene senkrecht zu den Linien der Öffnungen in Abständen von der Ebene gemäß einer Gleichung der Form  $y(n) = C + n(d_y/N)$  angeordnet sind, wobei N eine Anzahl von Druckköpfen ist, n ein ganzzahliger Index ist, der für jeden Druckkopf einer andere ganze Zahl annimmt, welche die Bedingung  $0 \leq n \leq (N - 1)$  erfüllt, y der Abstand von der Ebene ist, C eine Konstante ist und  $d_y$  ein Abstand zwischen benachbarten Öffnungen in demselben Druckkopf ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Steuerung (26) die Verfahreneinrichtung derart steuert, dass sich dieser entlang einer Richtung senkrecht zu den Öffnungslinien bewegt, wenn Konstruktionsmaterial von Öffnungen in den Druckköpfen während der Aus-

bildung einer Schicht abgegeben wird.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Abstände  $y(n)$  derart sind, dass ein Druckkopf Tropfen auf einer vorgegebenen Linie in der Schicht parallel zu den Öffnungslinien an Positionen derart ablagert, dass die Tropfen im Wesentlichen nicht mit Tropfen von Material zusammenhängen, die zuvor auf eine vorgegebene Linie von einem anderen der N Druckköpfe aufgetragen wurde.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei jeder Tropfen, der zwischen zwei am nächsten aneinander angeordneten, zuvor aufgetragenen Tropfen auf der vorgegebenen Linie aufgetragen wird, im gleichen Abstand zu den beiden zuvor aufgetragenen Tropfen positioniert wird.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 12, wobei die wenigstens eine Registrierungsstruktur in jedem Druckkopf wenigstens einen Registrierungsstift (**61** oder **63**) aufweist, der von dem Druckkopf vorsteht und ein Ende aufweist, das genau relativ zu der Linie von Öffnungen positioniert ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die entsprechende Verfahrenseinrichtungs-Registrierungsstruktur eine Fläche ist, und wobei der Registrierungsstift (**61** oder **63**) und die Registrierungsfläche derart positioniert sind, dass, wenn der Druckkopf an der Verfahrenseinrichtung befestigt wird, die Spitze des Stifts gegen die Fläche (**65** oder **67**) anschlägt.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, wobei der wenigstens eine Registrierungsstift drei Registrierungsstifte umfasst.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, wobei eine Linie zwischen den Spitzen von zwei der Registrierungsstifte (**60**) genau parallel zu der Linie von Öffnungen angeordnet ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, wobei die Spitze eines dritten Registrierungsstiftes (**68**) parallel zu der Linie von Öffnungen (**58**) und weg von sämtlichen der Öffnungen um einen genauen Abstand relativ zu der ersten Öffnung versetzt ist.

18. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jeder Druckkopf mit einem Speicher verbunden ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei der Speicher in dem Druckkopf enthalten ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, wobei der Speicher Profildaten umfasst, welche die Betriebseigenschaften spezifizieren, die dem Druckkopf eigen sind, und welche die Steuerung zum Steuern des Druckkopfes verwendet.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, wobei die Profildaten automatisch für die Steuerung zugänglich werden, wenn der Druckkopf (**52**) an der Verfahrenseinrichtung (**28**) befestigt wird.

22. Vorrichtung nach Anspruch 20 oder 21, wobei jede Öffnung (**58**) einem eigenen Betätigungselement zugeordnet ist, das steuerbar ist, um die Abgabe des Konstruktionsmaterials von der Öffnung zu steuern, und wobei die Profildaten Daten aufweisen, die zum Steuern des Betätigungselementes verwendbar sind.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 22, die eine Temperaturüberwachungseinrichtung aufweist, die Signale als Antwort auf die Temperatur des Druckkopfes erzeugt.

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, wobei der Speicher Kalibrierungsdaten umfasst, die eine Kennlinie der Signale mit der Temperatur des Druckkopfes korreliert.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 24, wobei der Druckkopf eine Wärmequelle aufweist, die steuerbar ist, um den Druckkopf auf einer gewünschten Temperatur zu halten, und wobei der Speicher Daten umfasst, die zum Steuern der Wärmequelle verwendbar sind.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 25, wobei der Speicher Daten umfasst, die zum Bestimmen der Position der Öffnungen (**58**) relativ zu den Öffnungen der anderen Druckköpfe, die an der Verfahrenseinrichtung befestigt sind, verwendbar sind.

27. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Konstruktionsmaterial ein Fotopolymer aufweist.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27, die eine Lampe (**120**) aufweist, die eine Strahlung zum Polymerisieren des Fotopolymers bereitstellt.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, wobei die Lampe (**120**) einen wesentlichen Bereich der Strahlung bereitstellt, so dass sie auf die Schichten in im Wesentlichen nicht-normalen Winkeln zu ihren Ebenen einfällt.

30. Vorrichtung nach Anspruch 29, wobei der Einfallswinkel für einen Bereich des Lichtes positiv und für einen Bereich des Lichtes negativ ist.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 30, wobei die Lampe LEDs (**196**) umfasst, die steuerbar sind, um die Strahlung bereitzustellen, die das Fotopolymer polymerisiert.

32. Vorrichtung nach Anspruch 31, wobei die An-

ordnung von LEDs (**196**) relativ weit entfernt von den Schichten angeordnet ist und einen Strahlungsleiter (**200**) für jede LED in der Anordnung aufweist, der Strahlung von der LED zu einer Position relativ nah an dem Schichten abzweigt, wobei die Strahlung Regionen der Schichten von dieser Position bestrahlt.

des Laserstrahls nahe der Fläche, auf der die Schicht ausgebildet werden soll, angeordnet ist; und einen Detektor (**312**), der Licht von dem Laserstrahl empfängt; wobei Licht, das der Detektor von dem Laserstrahl empfängt, zumindest teilweise durch ein unerwünschtes Hindernis auf der Fläche gesperrt wird.

33. Vorrichtung nach Anspruch 31 oder 32, wobei die Steuerung Intensitäten von Licht, das durch die LEDs (**196**) in der Anordnung bereitgestellt wird, unabhängig von Intensitäten, die von anderen LEDs in der Anordnung bereitgestellt werden, steuert.

Es folgen 26 Blatt Zeichnungen

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 31 bis 33, wobei die Steuerung LEDs (**196**) in der Anordnung ein- und ausschaltet, um die Strahlung von der Anordnung zu reduzieren, die beim Polymerisieren von Fotopolymer in den Schichten nicht effektiv ist.

35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 34, die eine Wischeinrichtung (**225** oder **227**) aufweist, und wobei die Steuerung dazu geeignet ist, wenigstens einen Druckkopf relativ zu der Wischeinrichtung zu bewegen, um die Fläche zu reinigen, in der die Öffnungen ausgebildet sind.

36. Vorrichtung nach Anspruch 35, wobei die Wischeinrichtung wenigstens ein Reinigungsblatt (**225** oder **227**) mit einer Kante (**226** oder **228**) aufweist, die überflüssiges Konstruktionsmaterial von der Fläche (**230**) abstreift, wenn die Steuerung die Fläche derart steuert, dass sich diese relativ zu der Wischeinrichtung bewegt.

37. Vorrichtung nach Anspruch 36, wobei die Kante ein bogenförmiges Muster (**242**) und ein verschiedenes Bogenmuster entsprechend jedem Druckkopf des wenigstens einen Druckkopfes umfasst.

38. Vorrichtung nach Anspruch 36 oder 37, wobei das Reinigungsblatt (**260**) mit wenigstens einem Schlitz ausgebildet ist, der das Reinigungsblatt in eine Mehrzahl von Zähnen (**266**) unterteilt, die jeweils eine Kante aufweisen, die eine Öffnungsfläche (**230**) eines anderen der Mehrzahl von Druckköpfen berührt und überschüssiges Konstruktionsmaterial von der Fläche abstreift.

39. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die ein Hinderniserfassungssystem (**302**) umfasst, das unerwünschte Hindernisse auf einer Fläche erfasst, auf der eine Schicht ausgebildet werden soll.

40. Vorrichtung nach Anspruch 39, wobei das Hinderniserfassungssystem aufweist: einen Laser (**808**), der einen Laserstrahl (**310**) bereitstellt, der die Fläche, auf der die Schicht ausgebildet werden soll, kontaktiert, oder der entlang einer Länge

Anhängende Zeichnungen

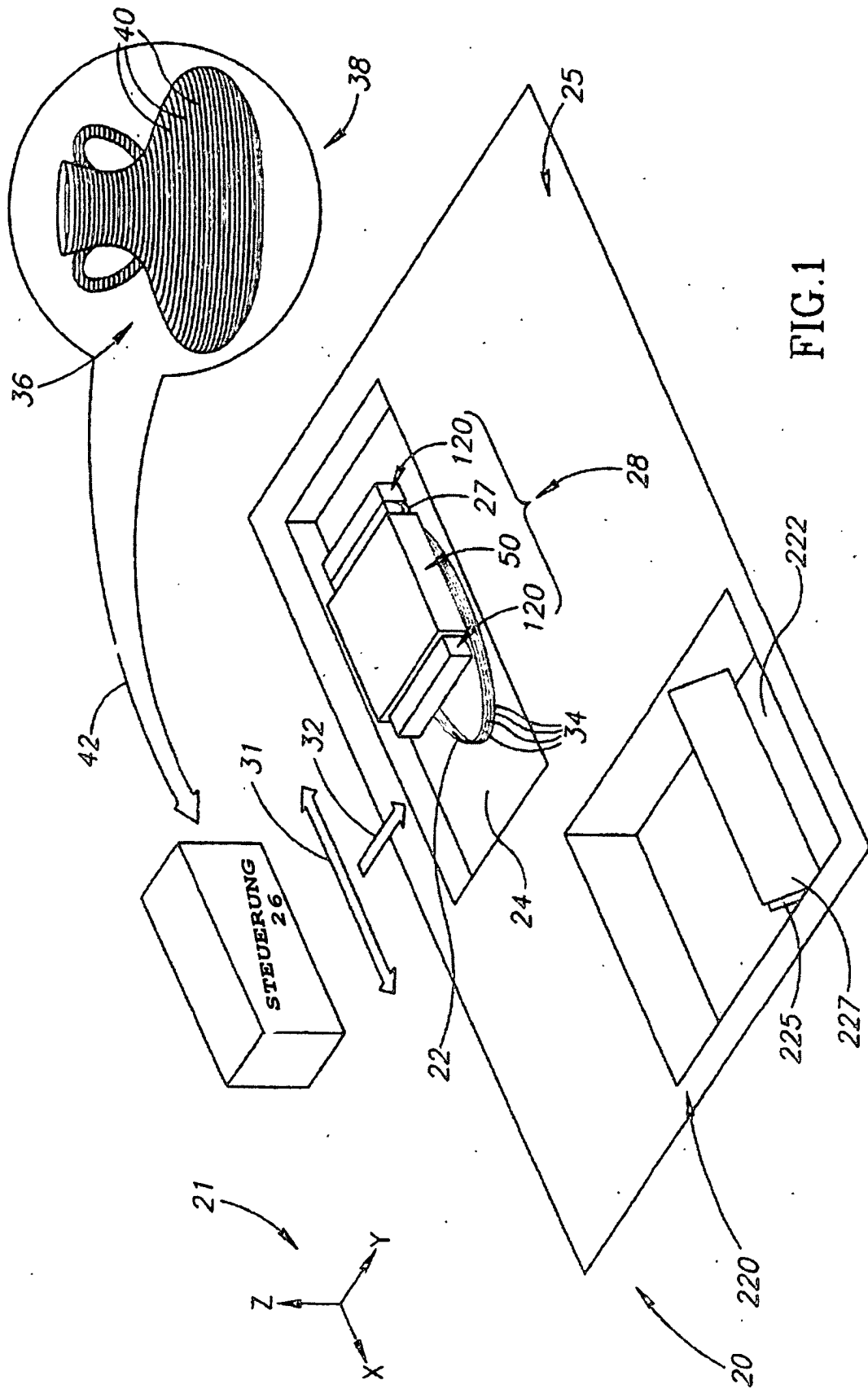


FIG.1

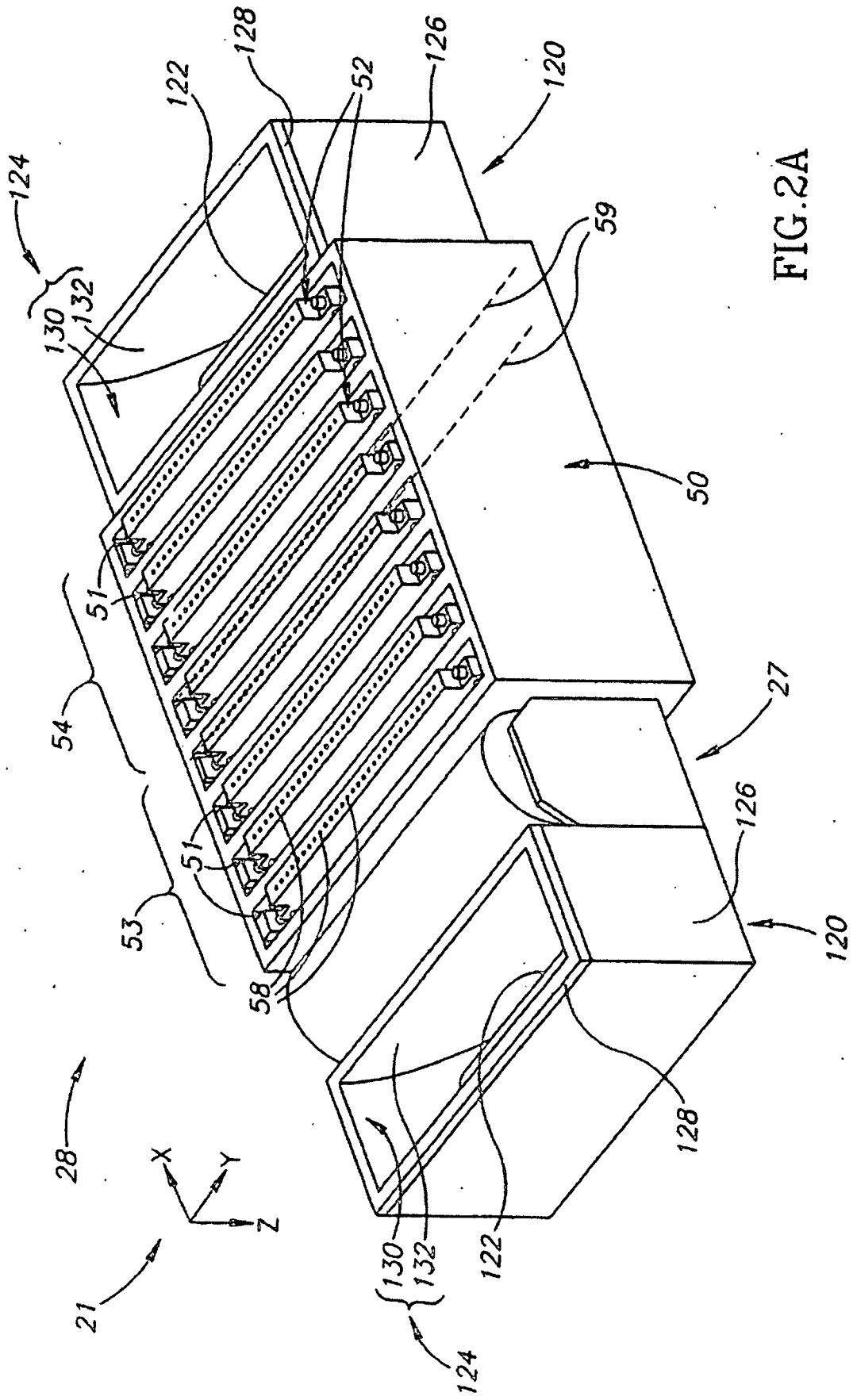


FIG.2A



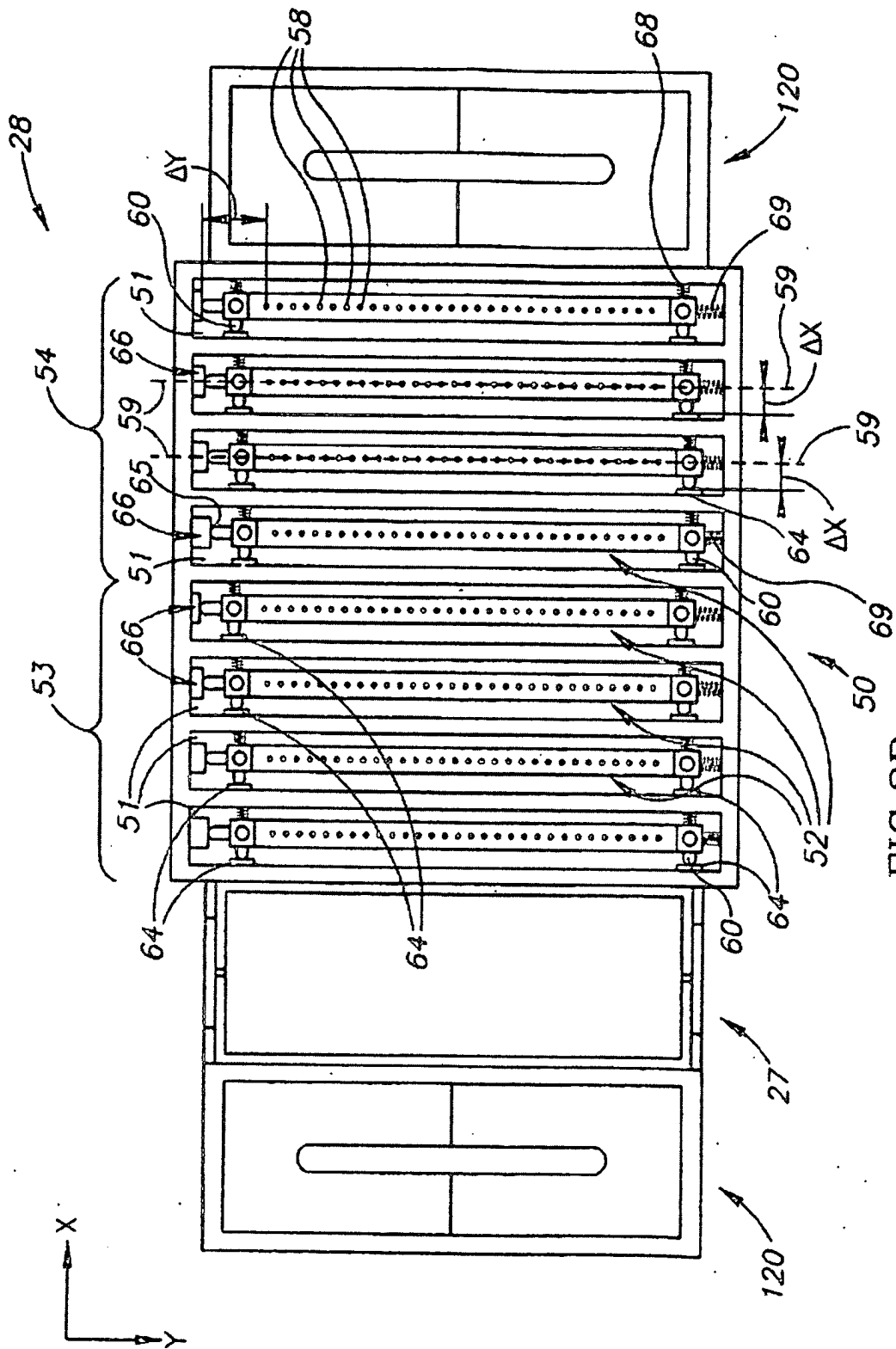


FIG.2B

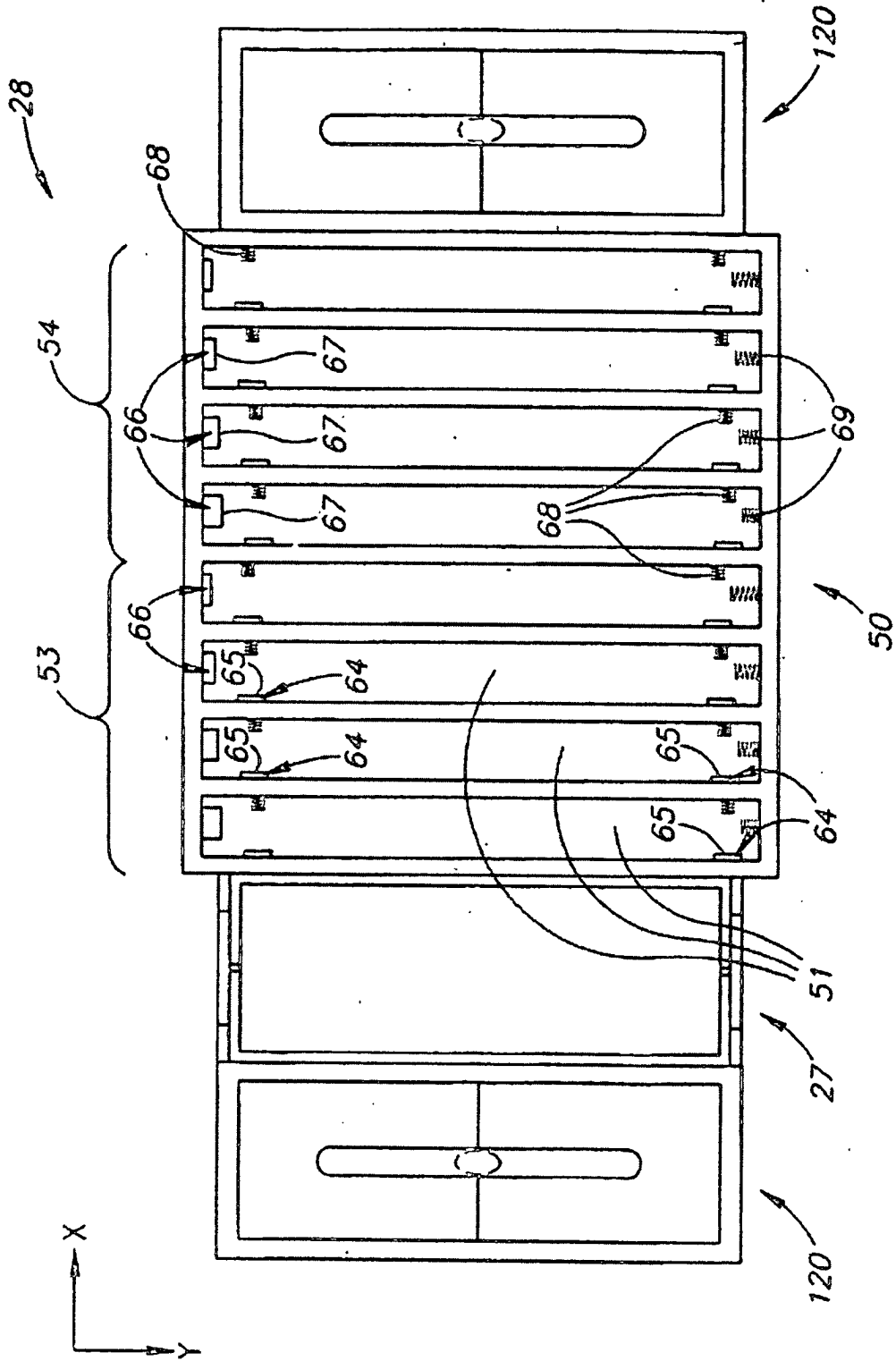


FIG. 2C

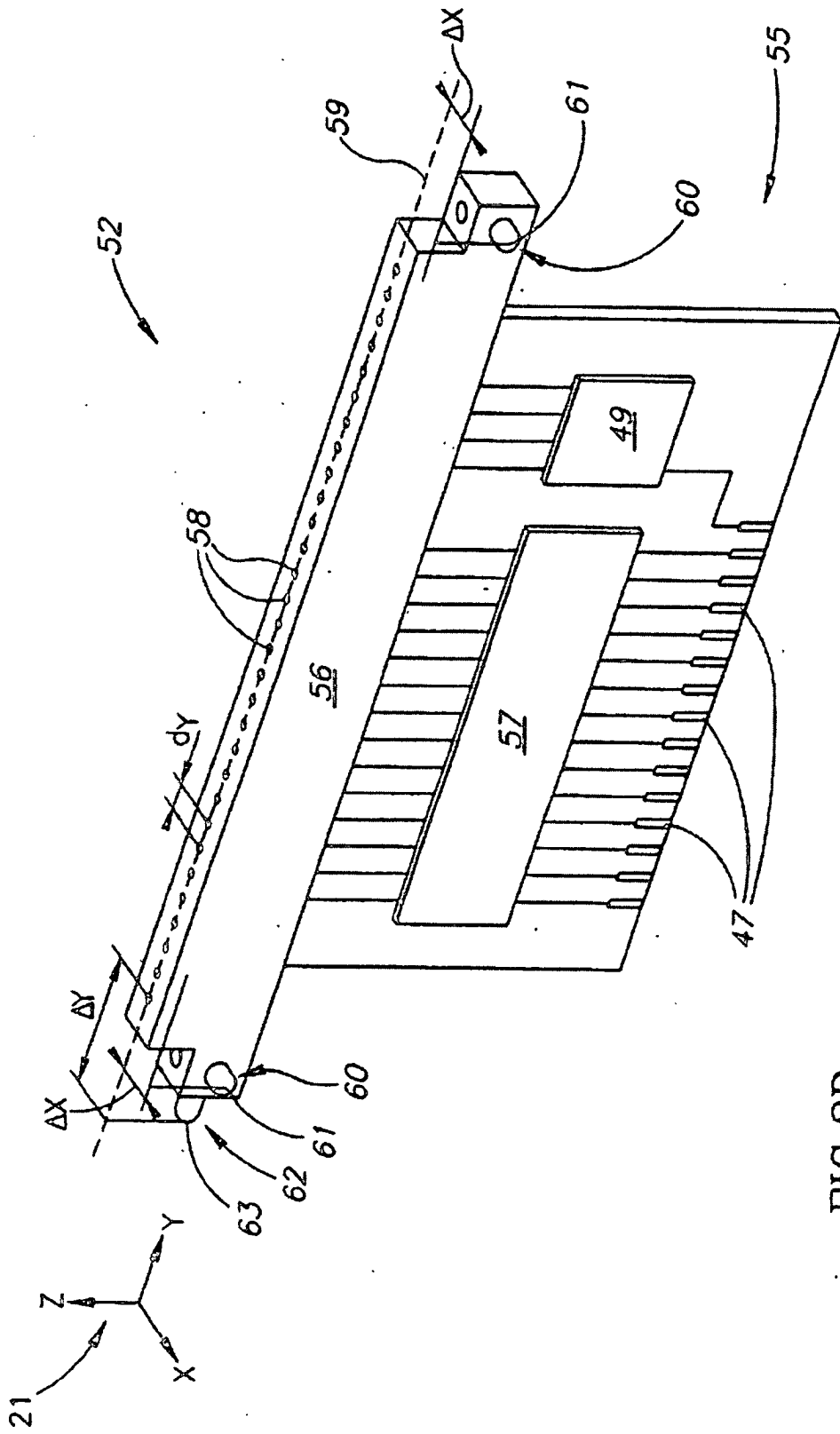


FIG. 2D

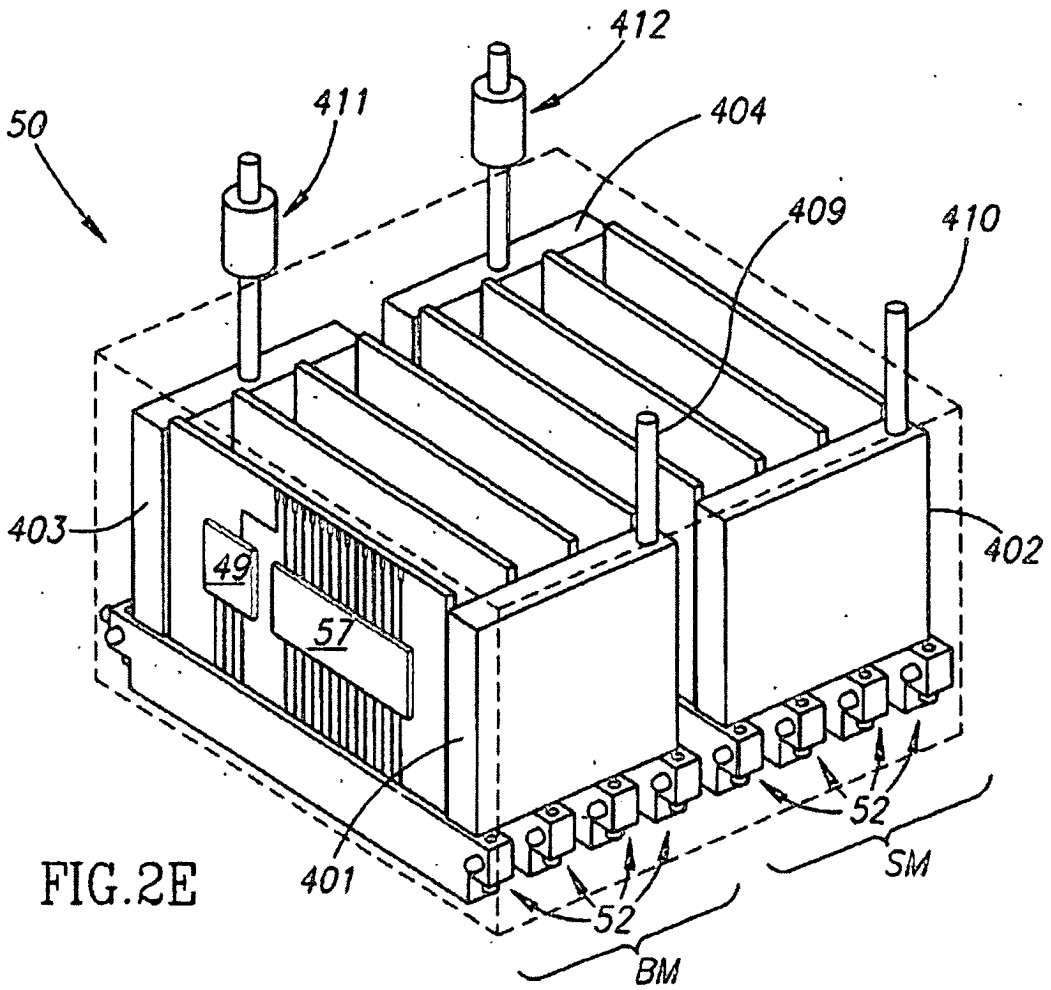


FIG. 2E

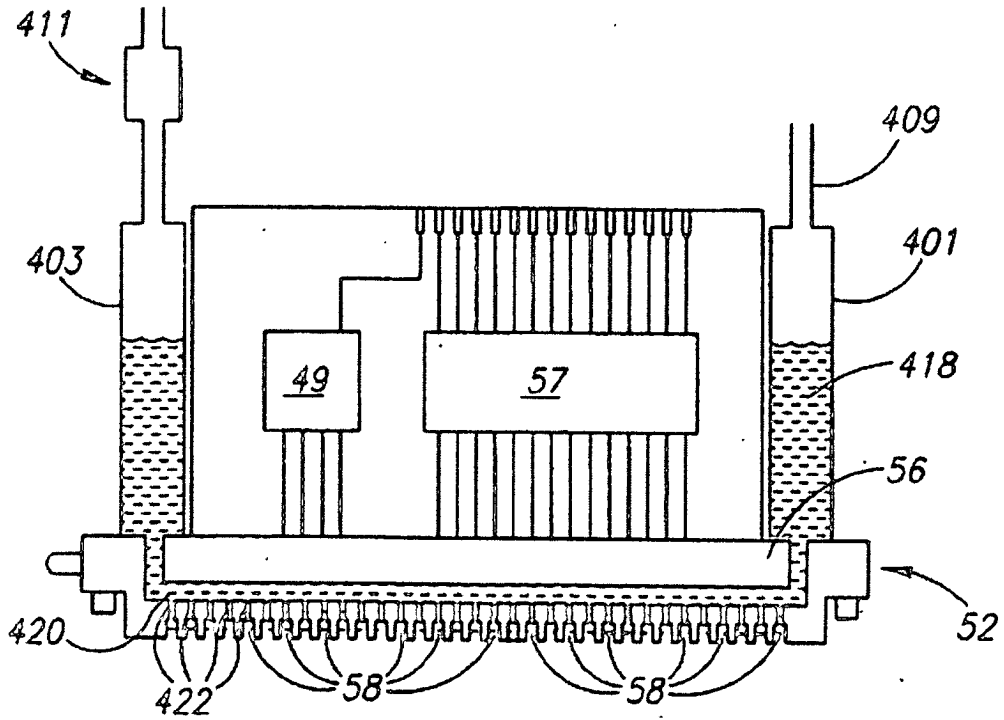


FIG. 2F

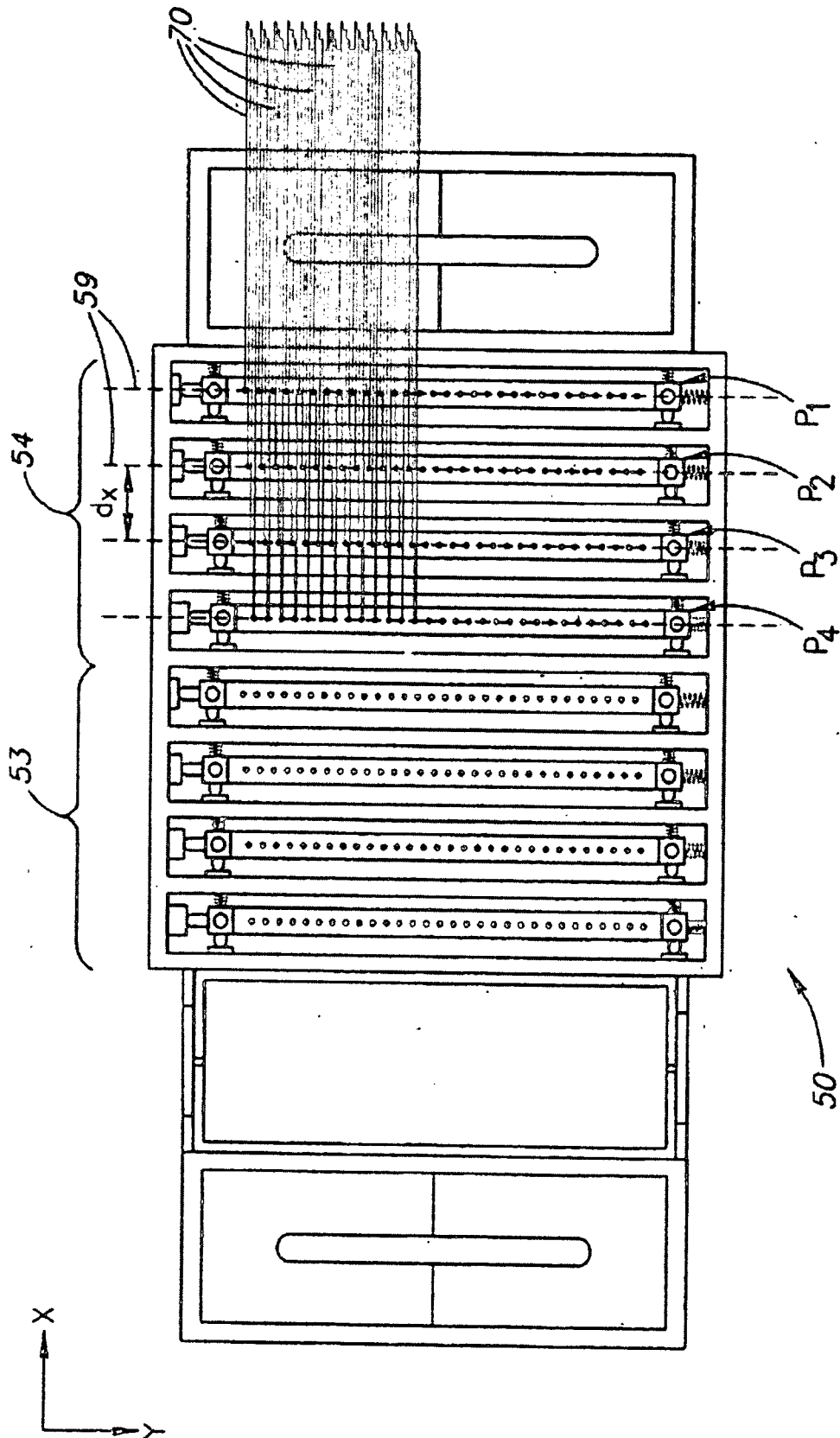


FIG.3A

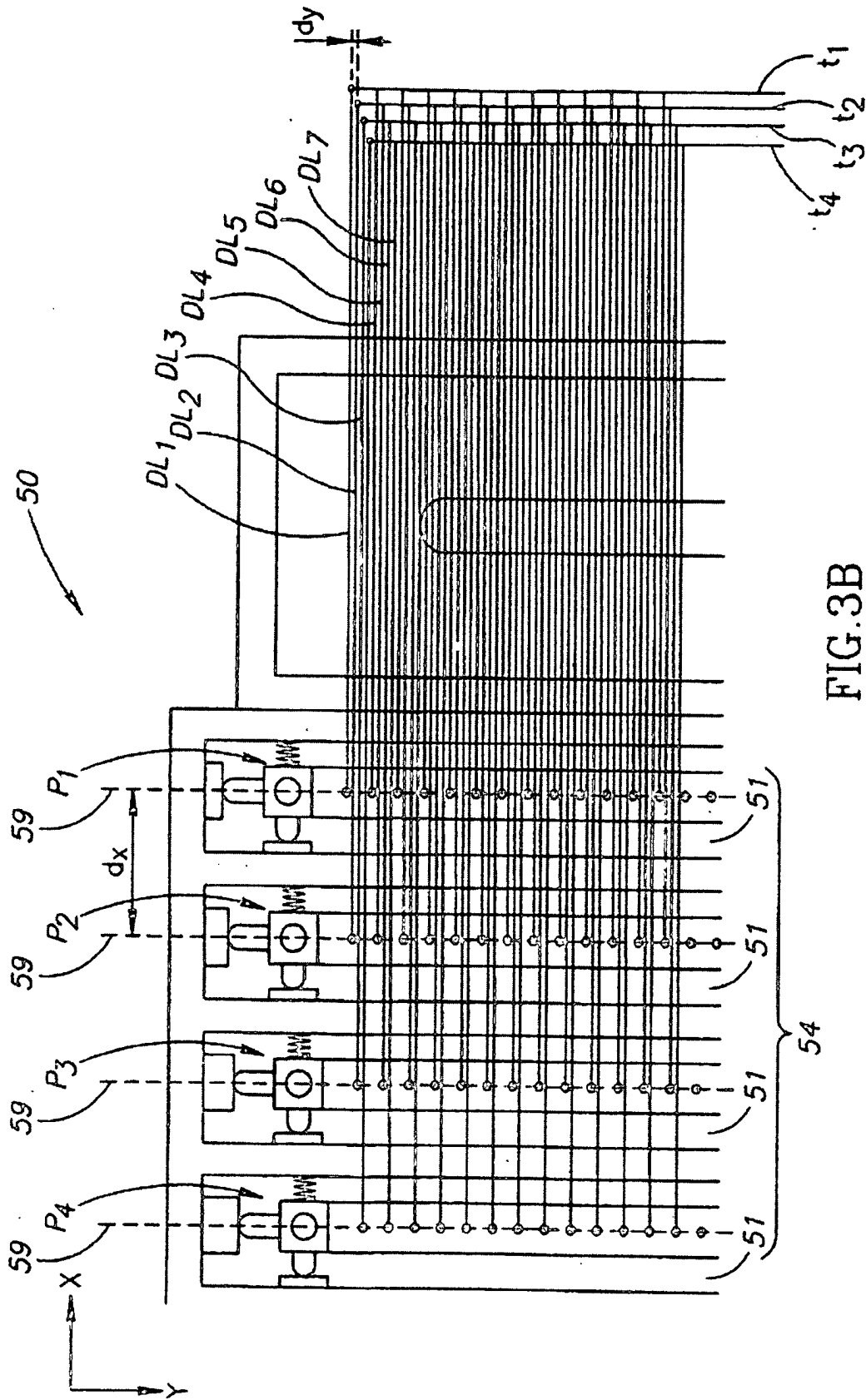


FIG.3B

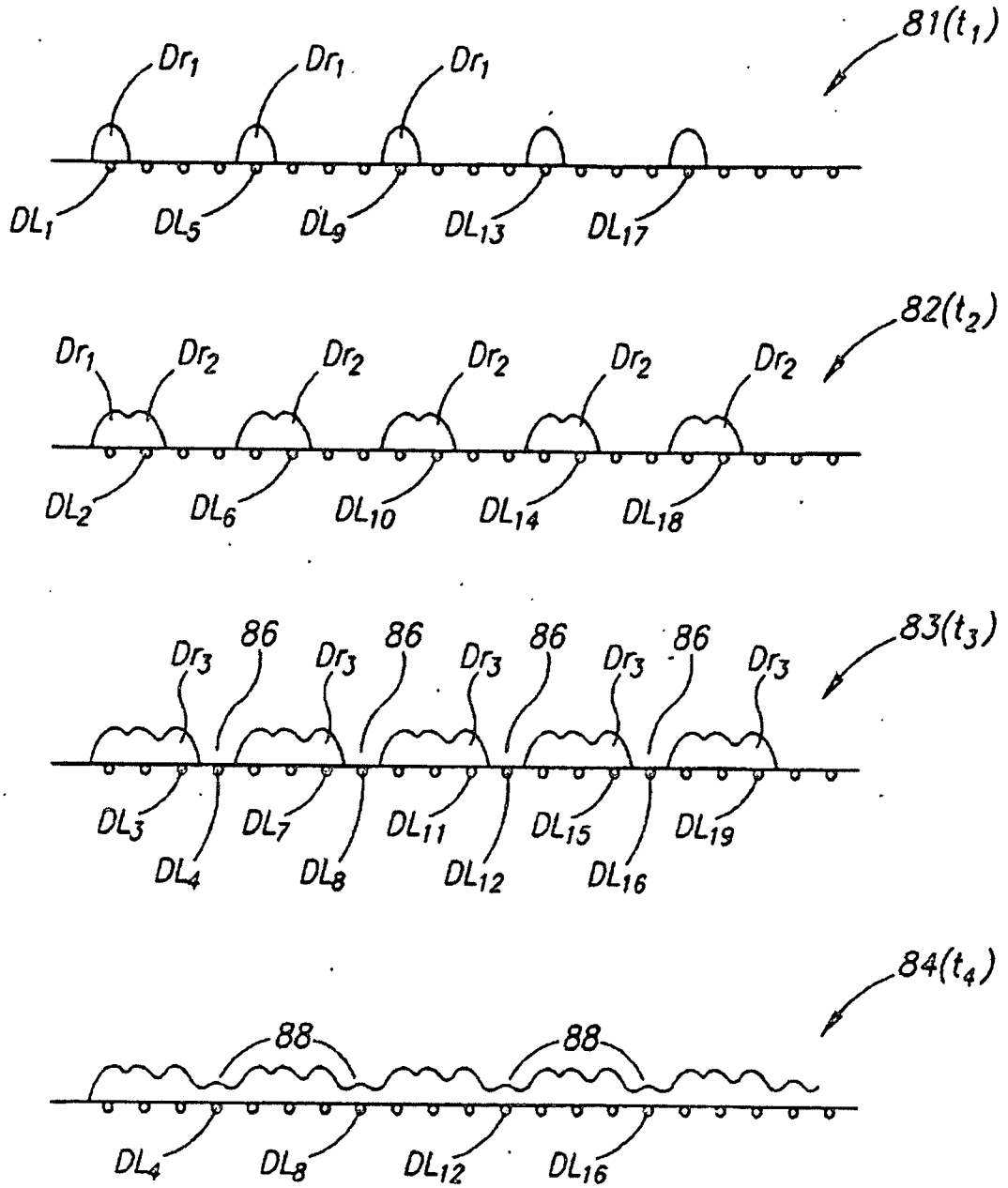


FIG. 4A



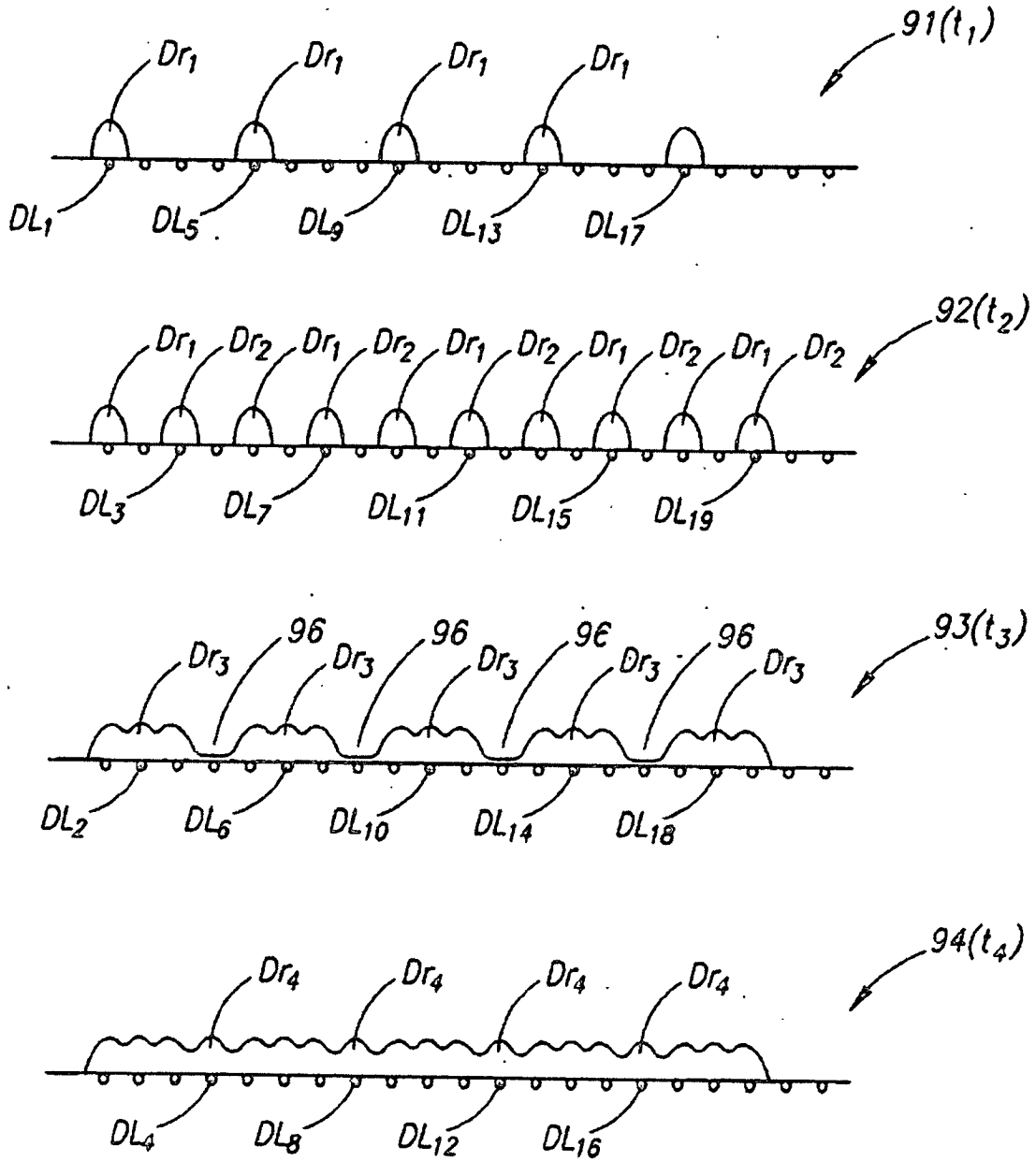


FIG. 4B

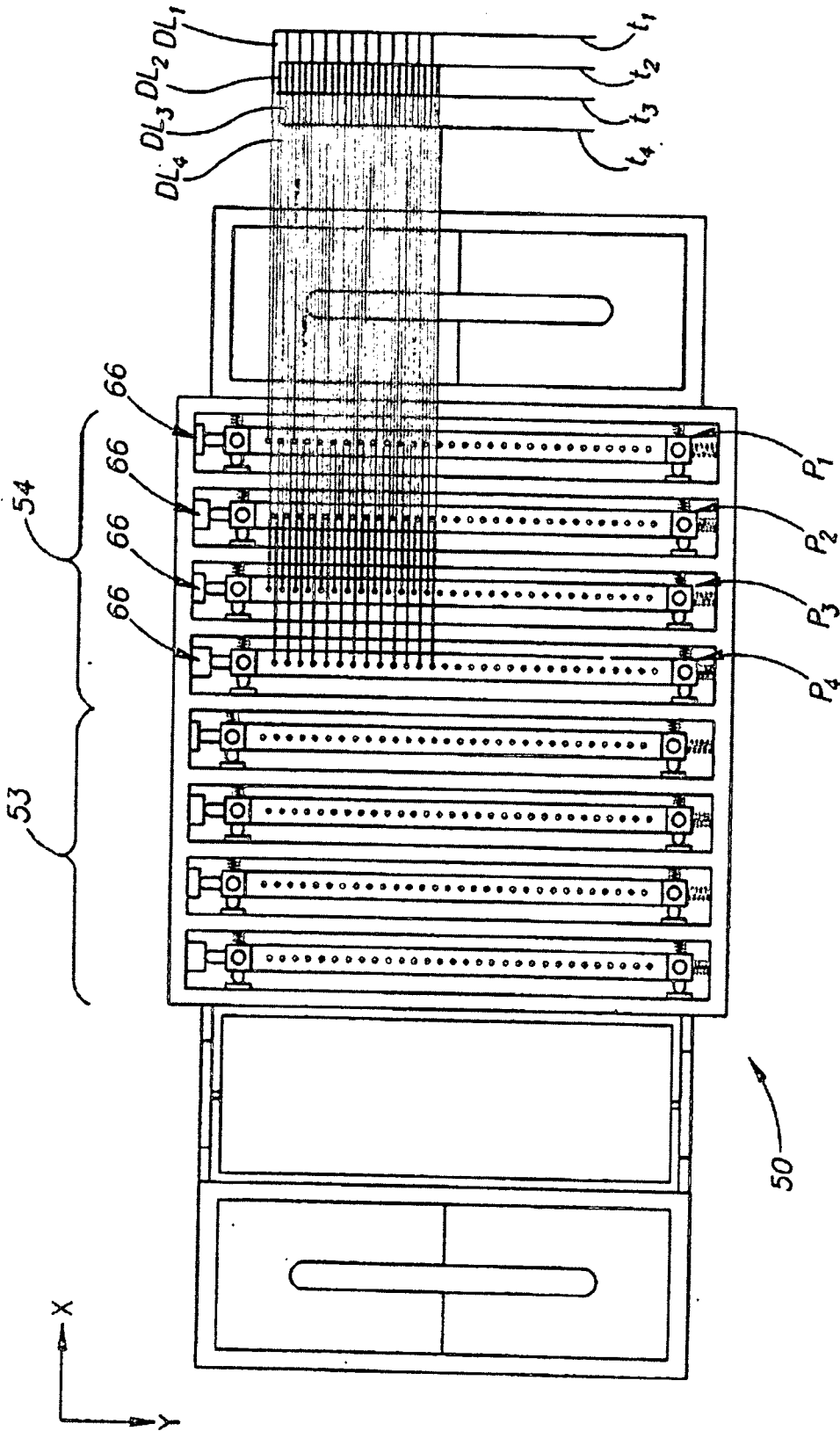


FIG.4C

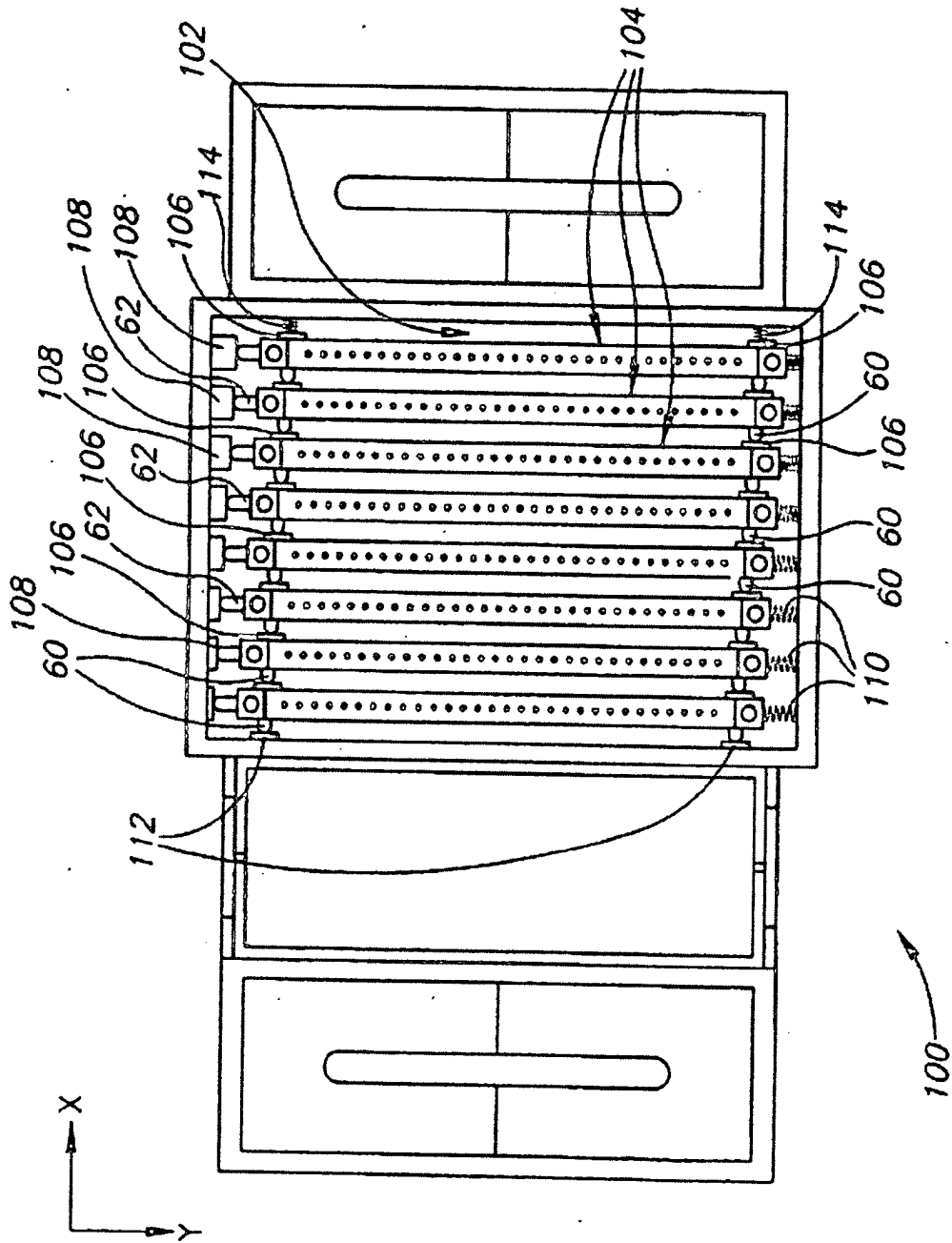


FIG.5

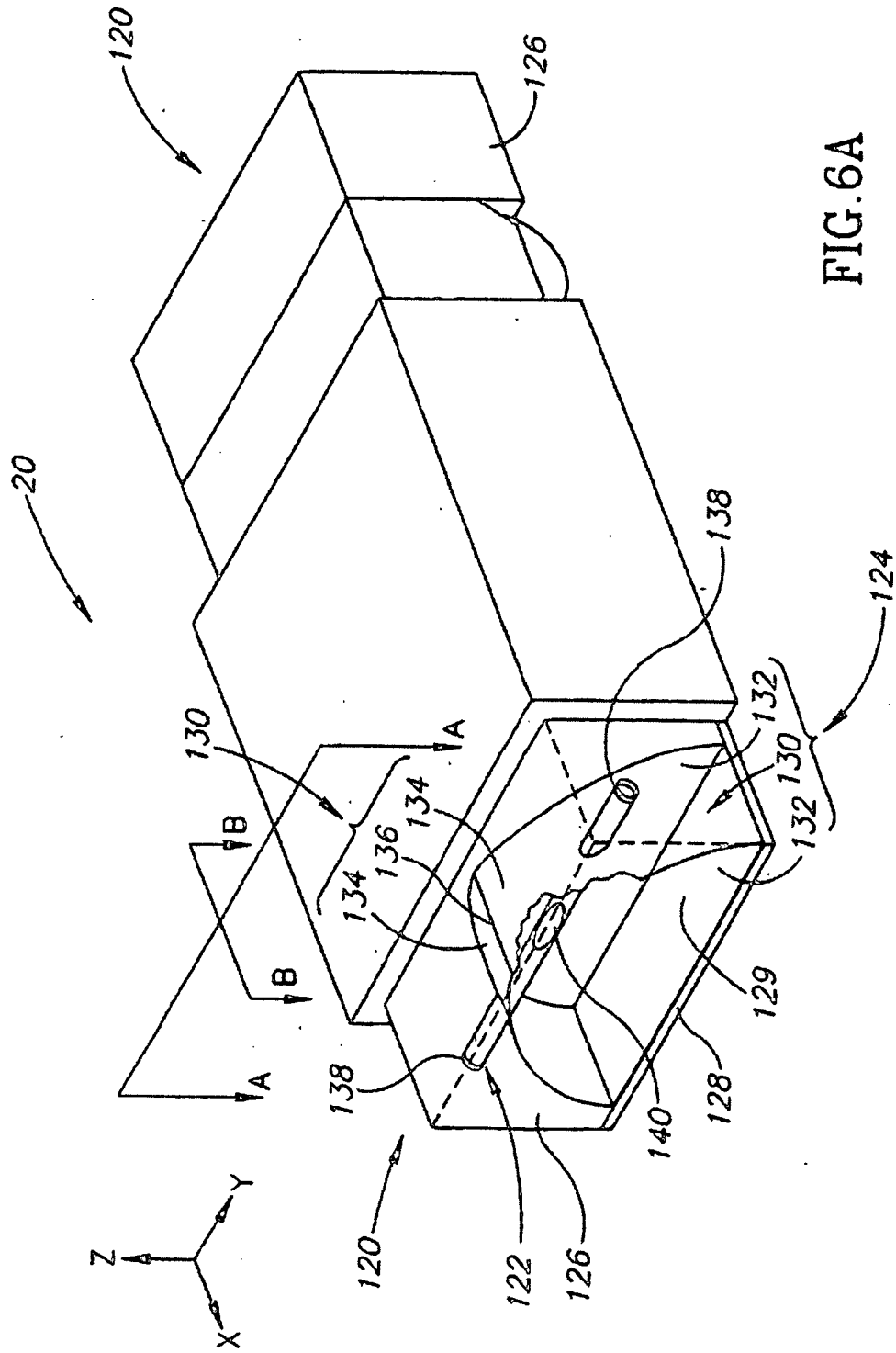
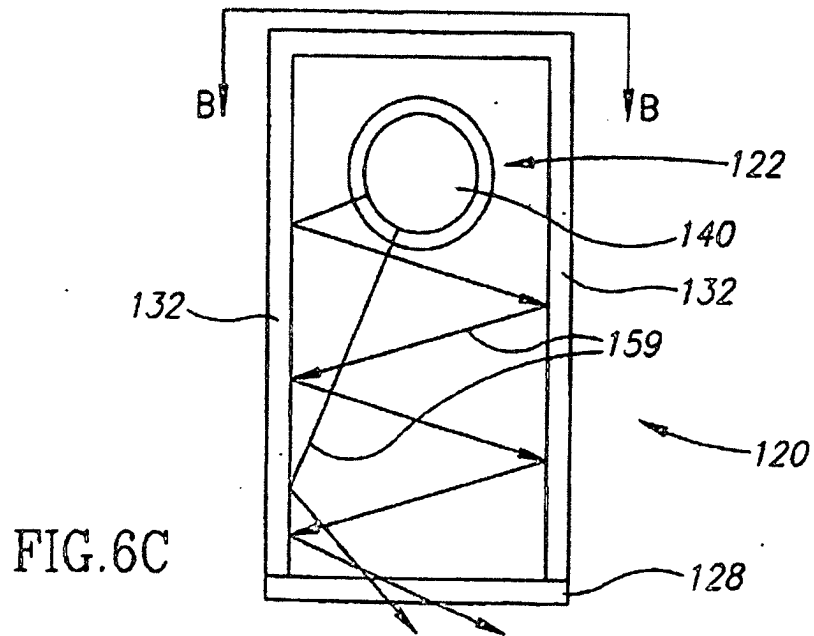
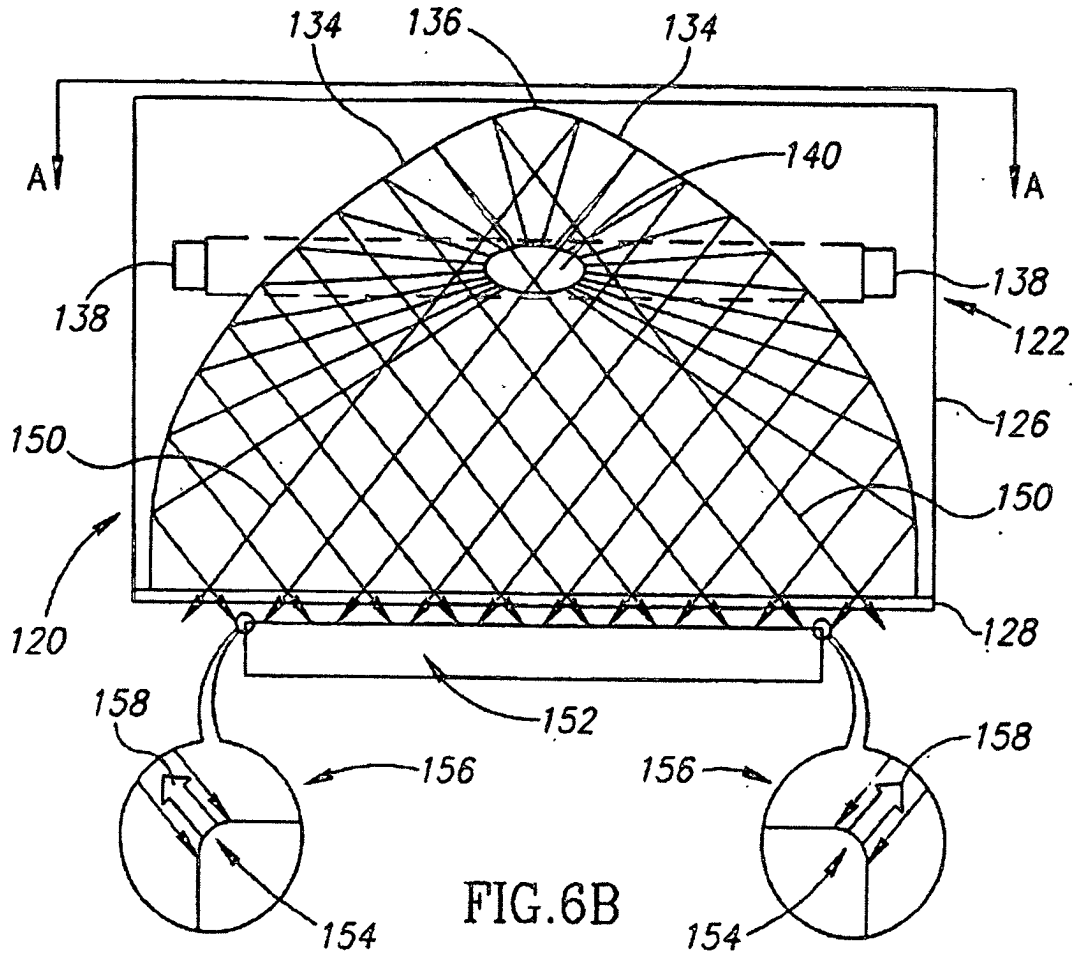


FIG. 6A



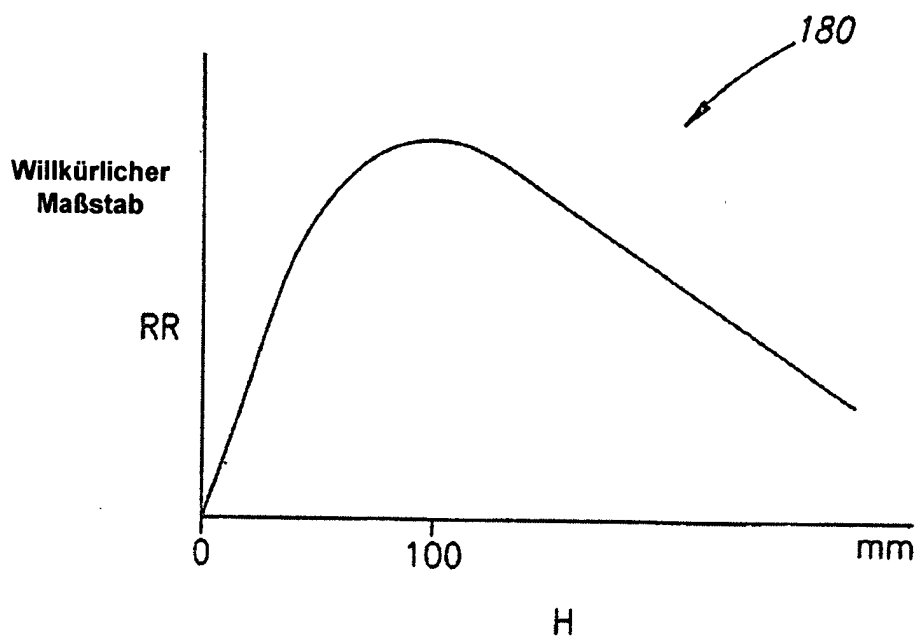


FIG.6D

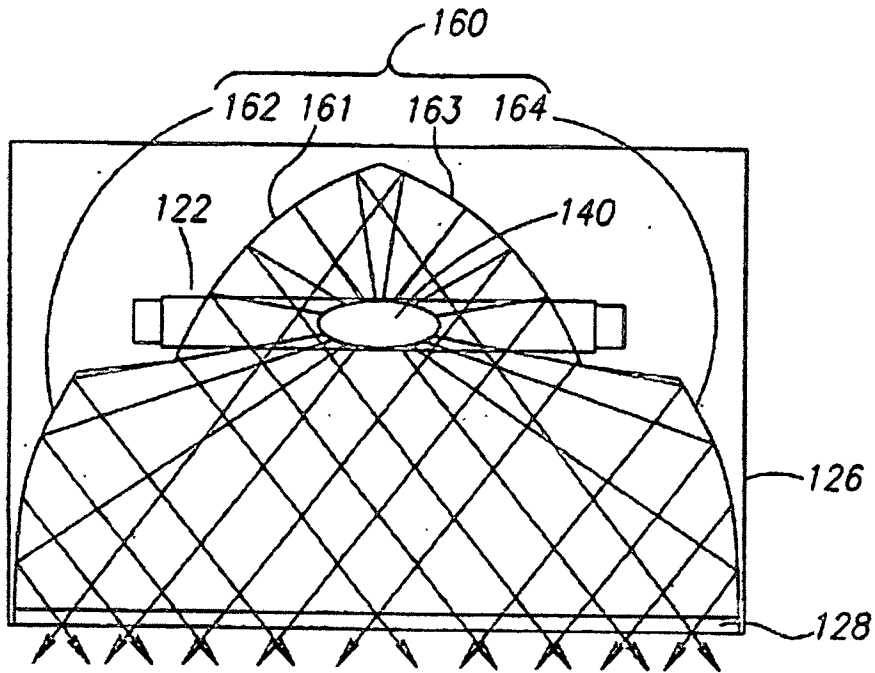


FIG. 7A

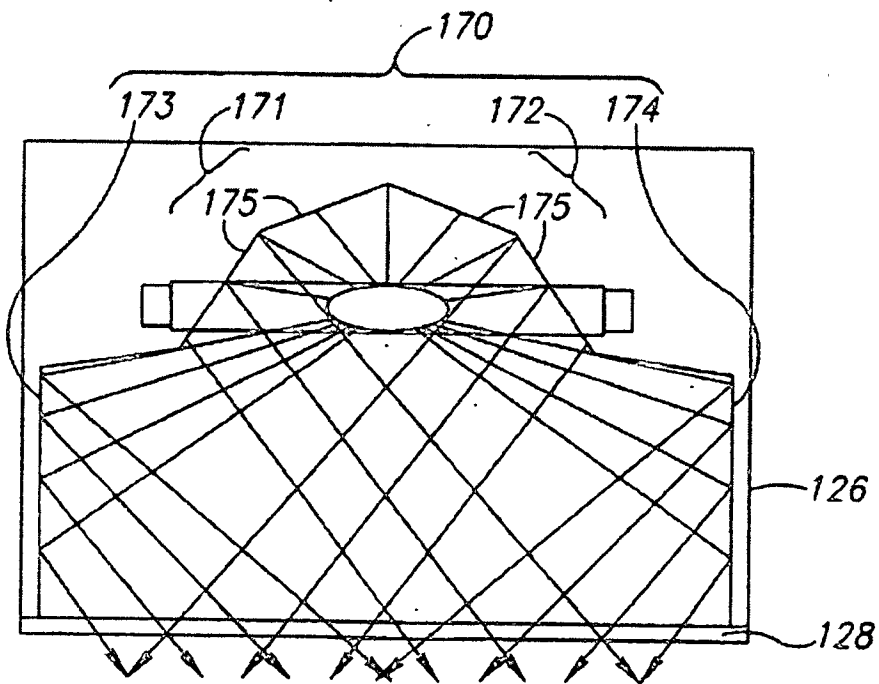


FIG. 7B

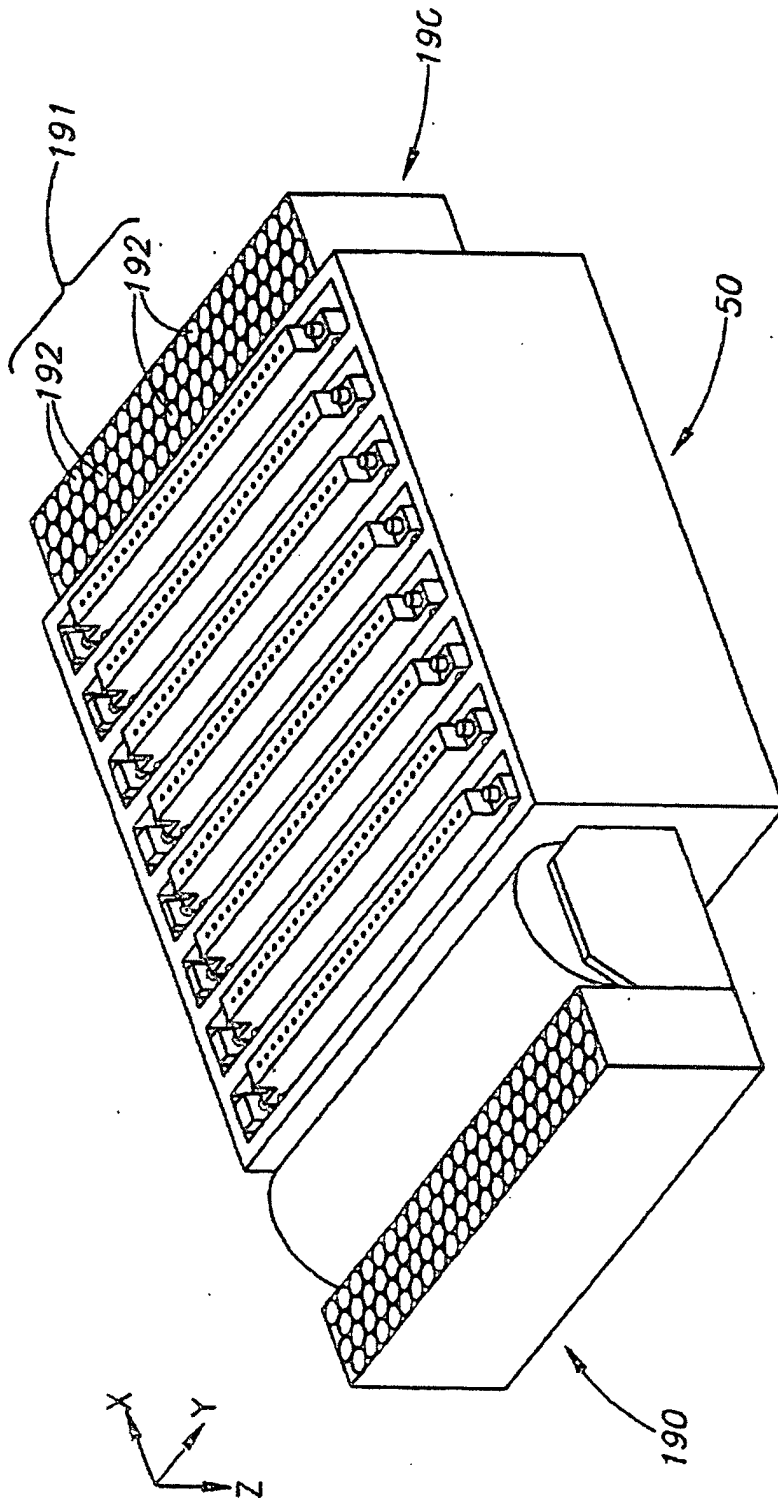


FIG.8



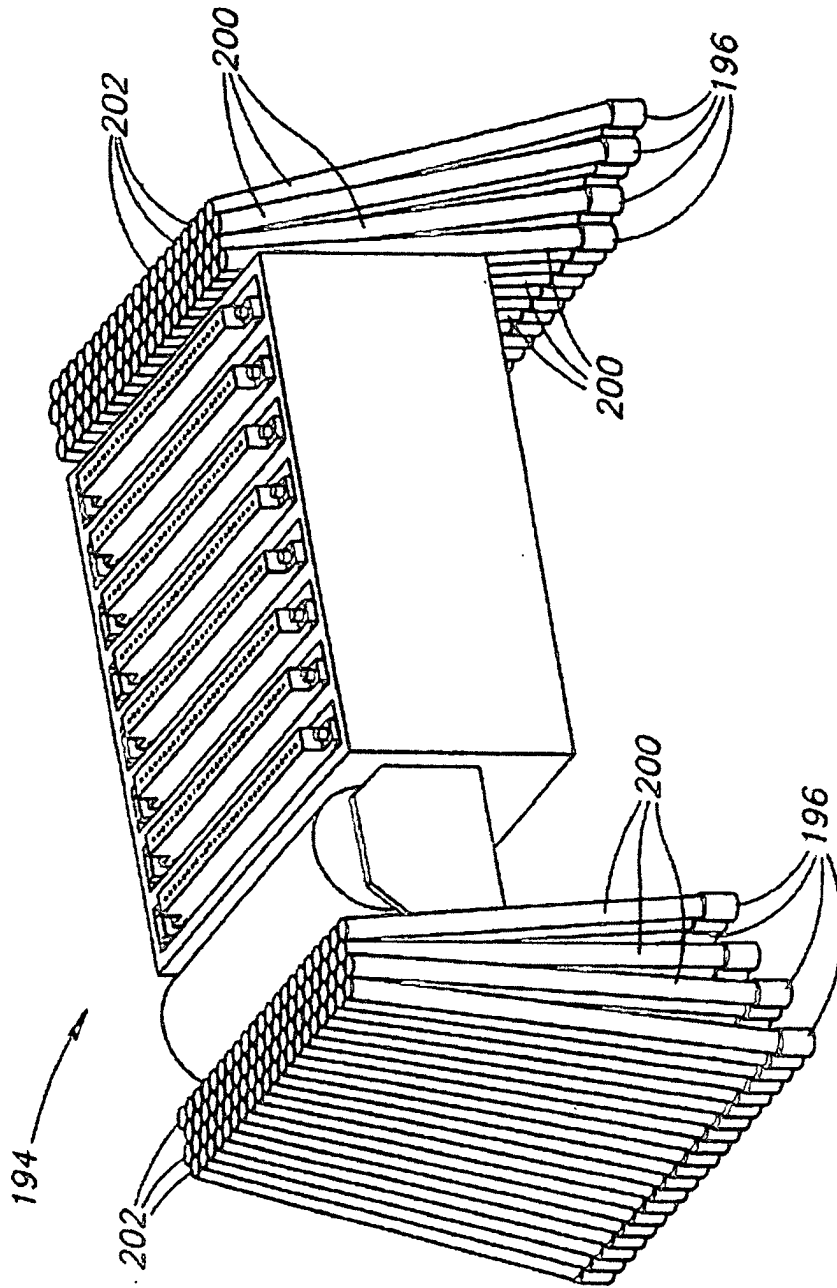


FIG.9A

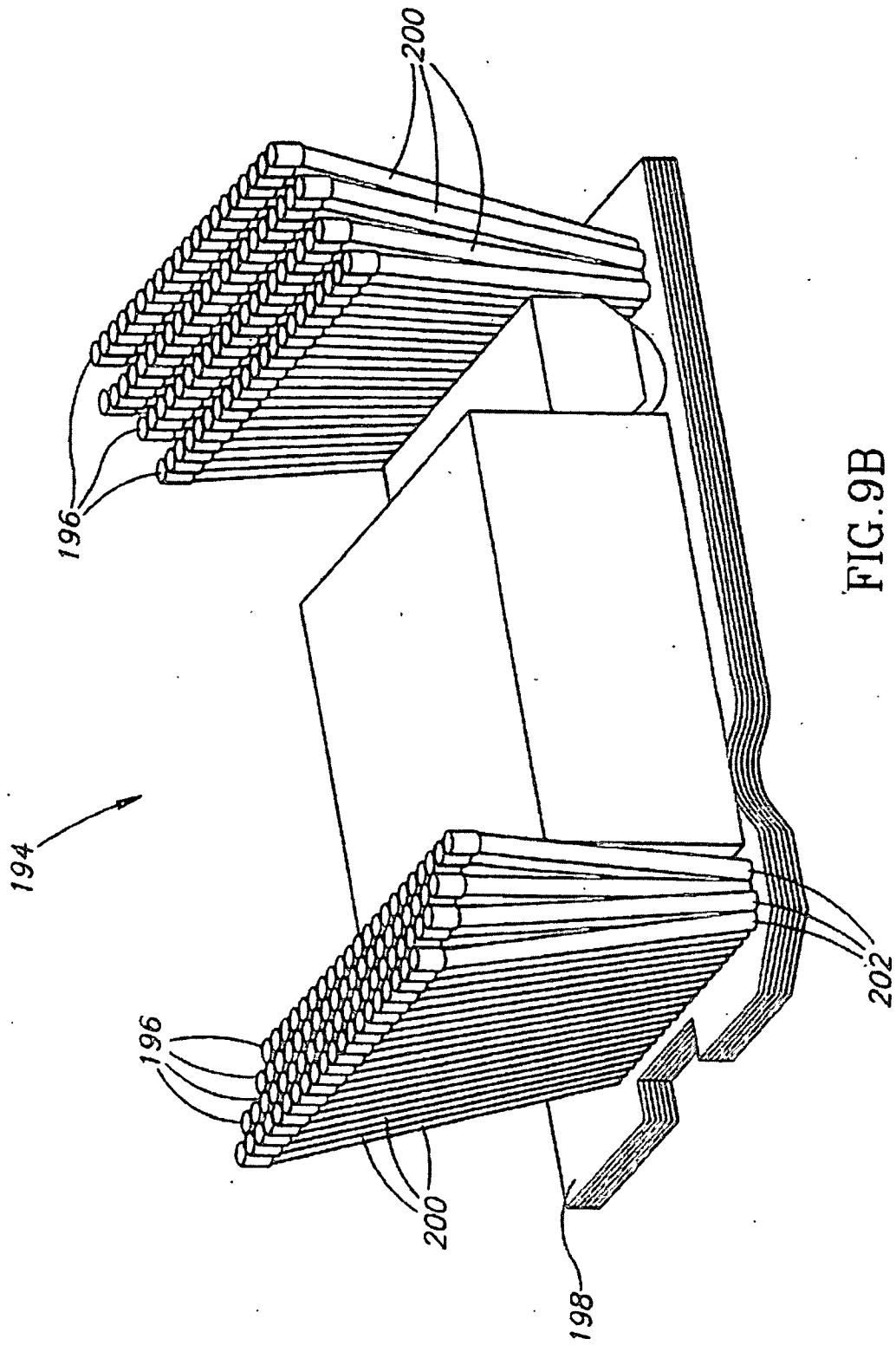


FIG. 9B



FIG. 10A

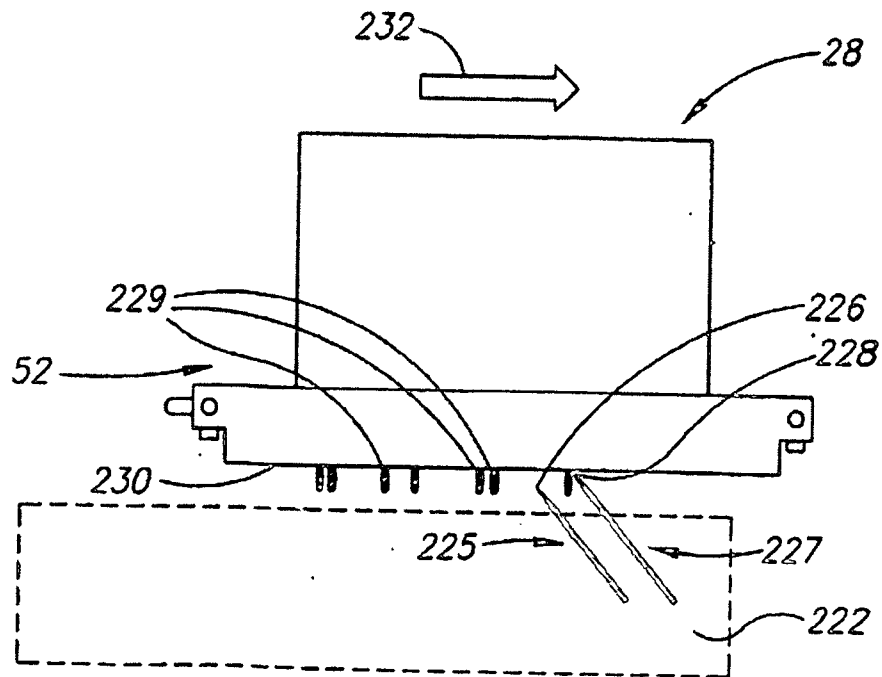


FIG. 10B

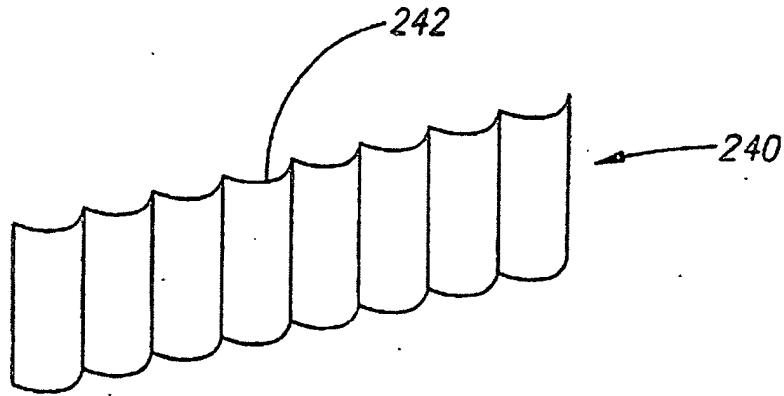


FIG. 10C

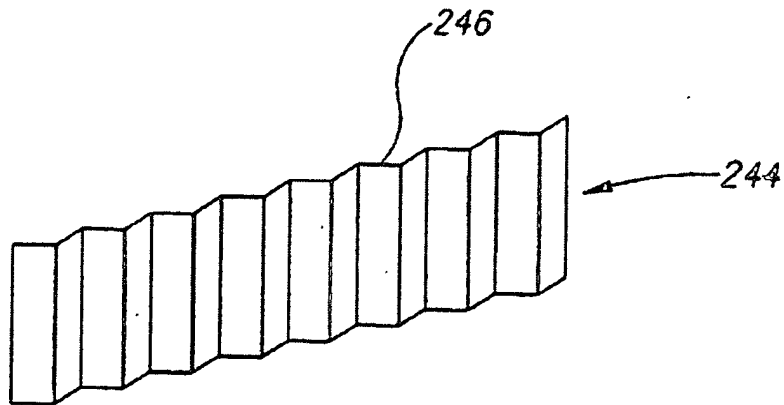


FIG. 10D

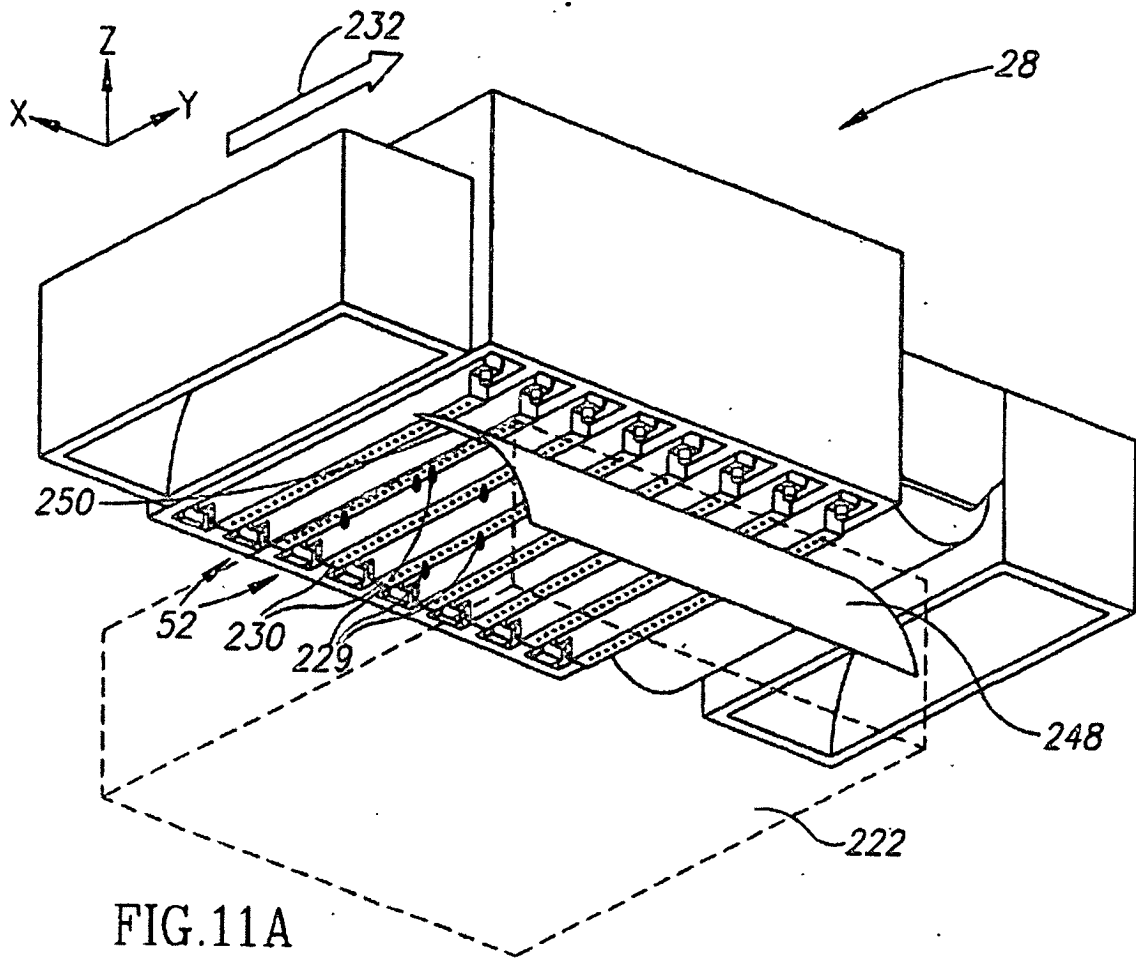


FIG. 11A

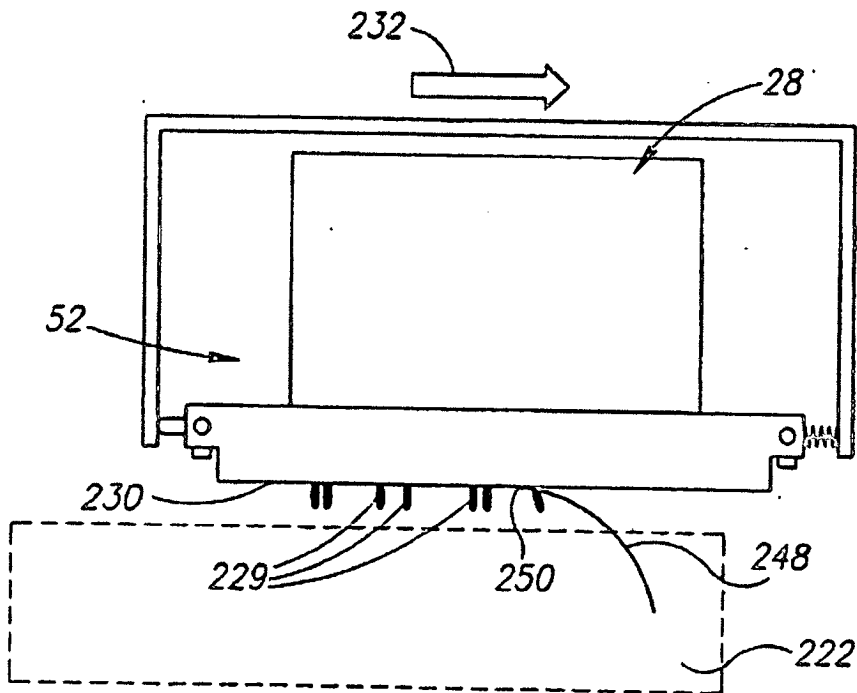


FIG. 11B

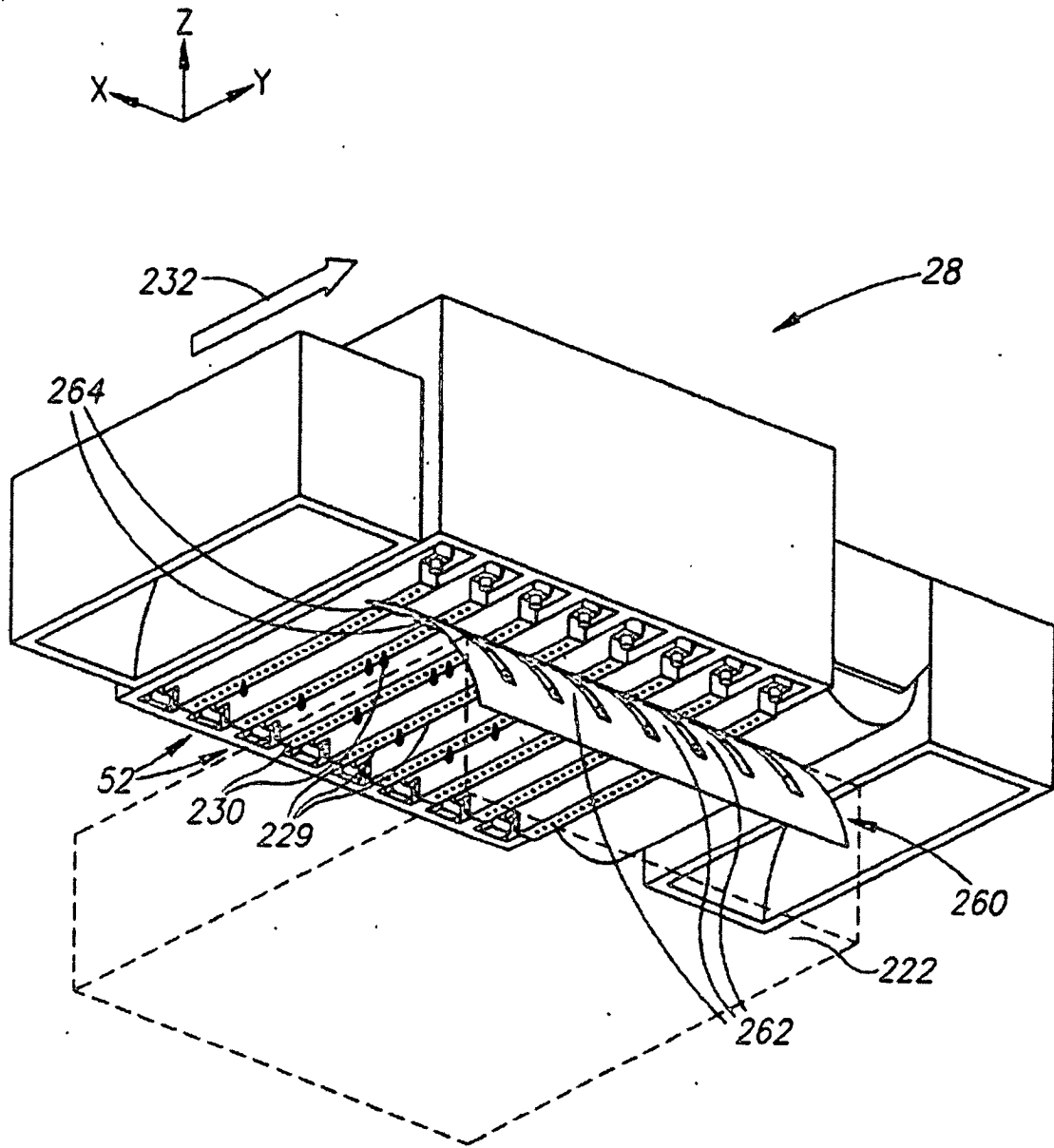


FIG.11C



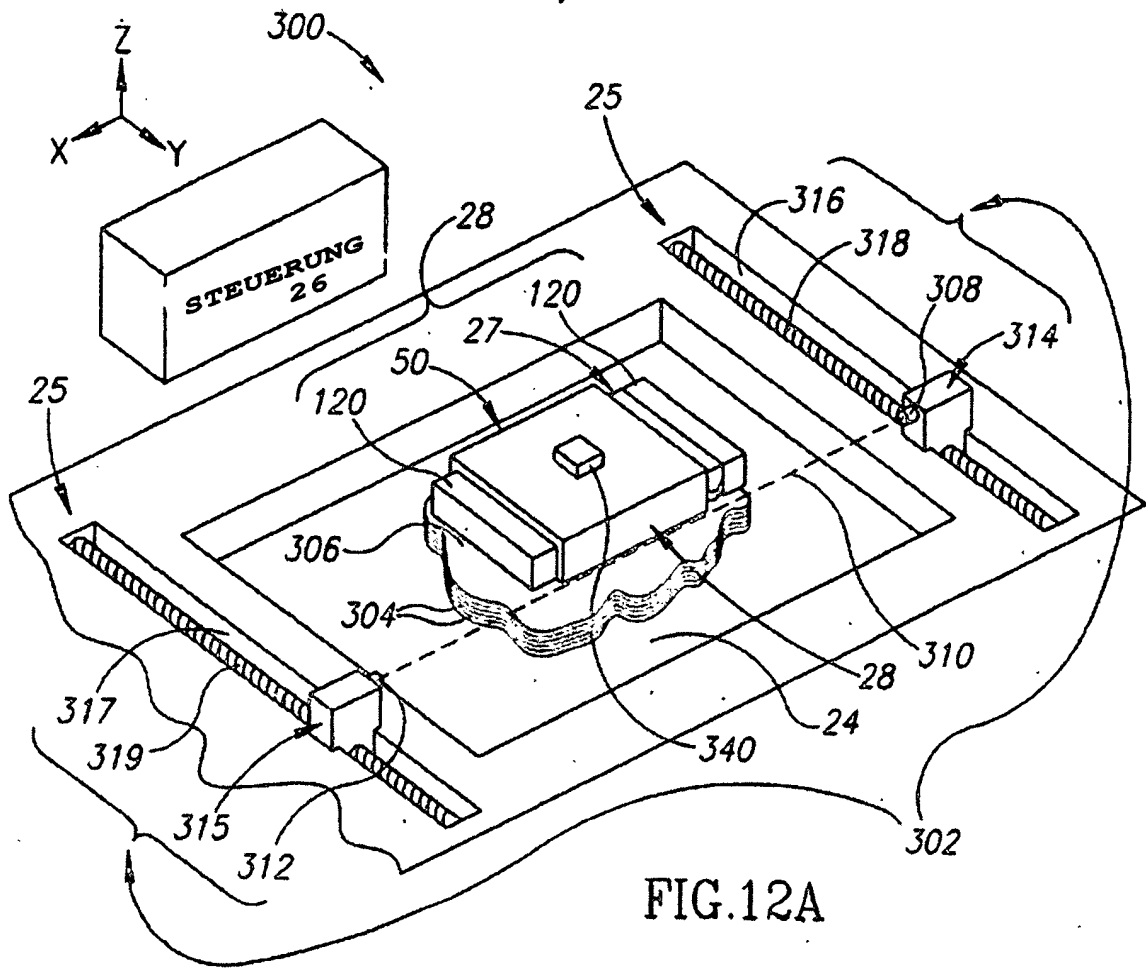


FIG. 12A

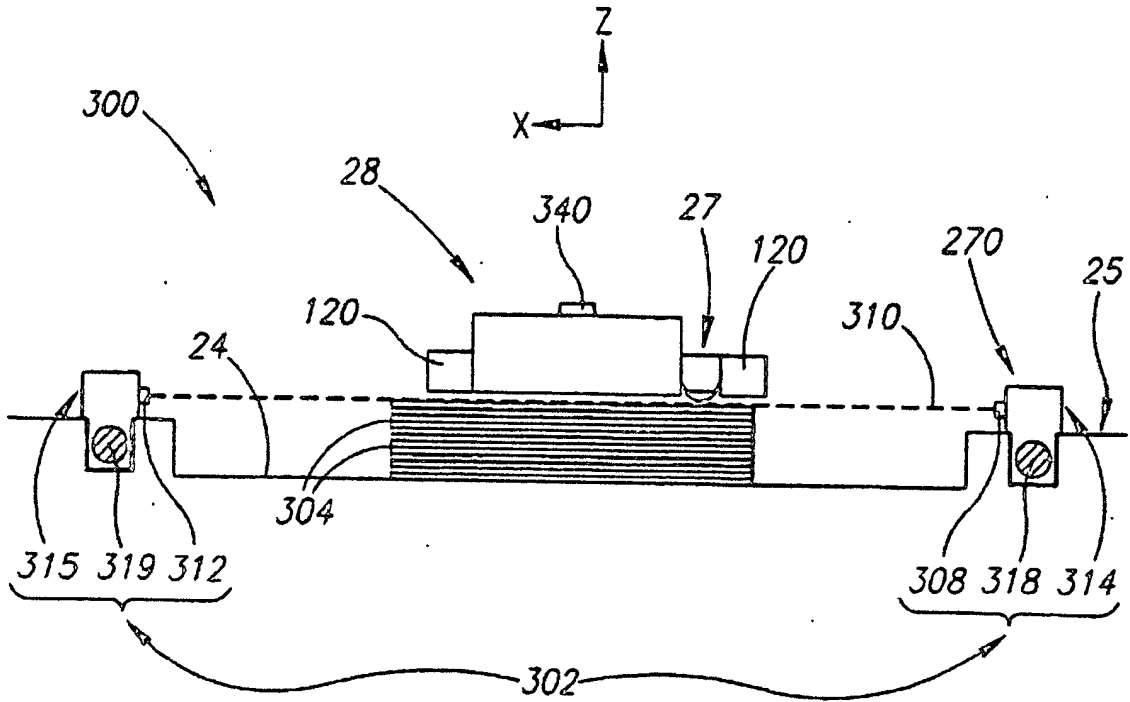


FIG. 12B

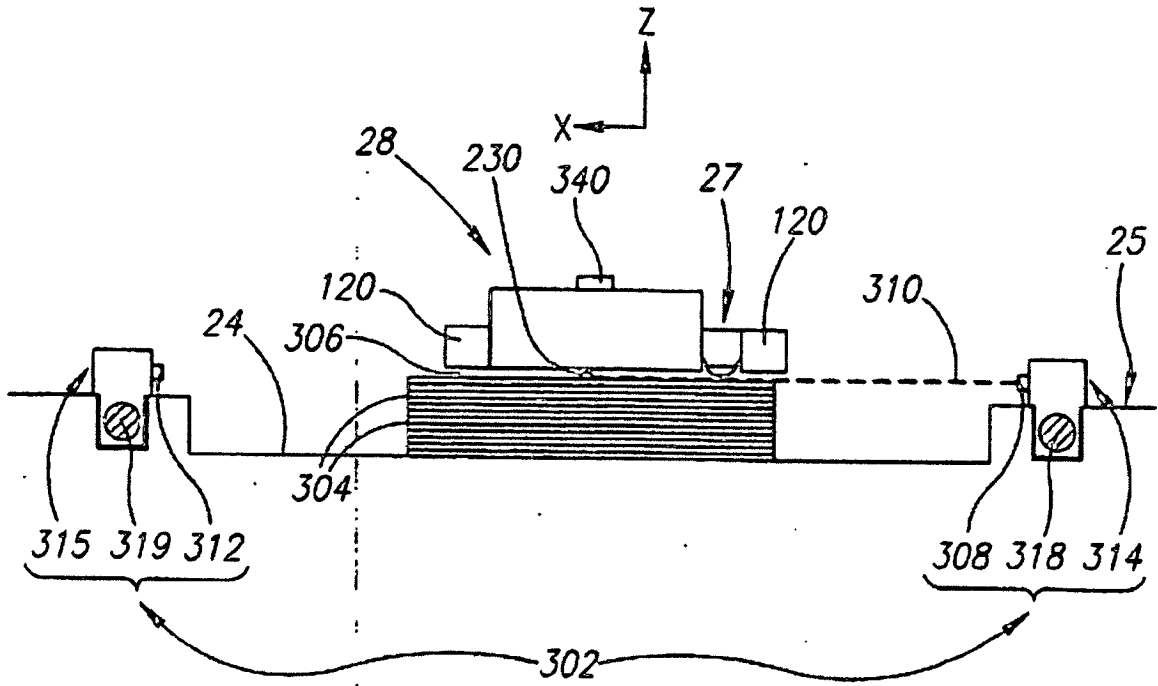


FIG.12C

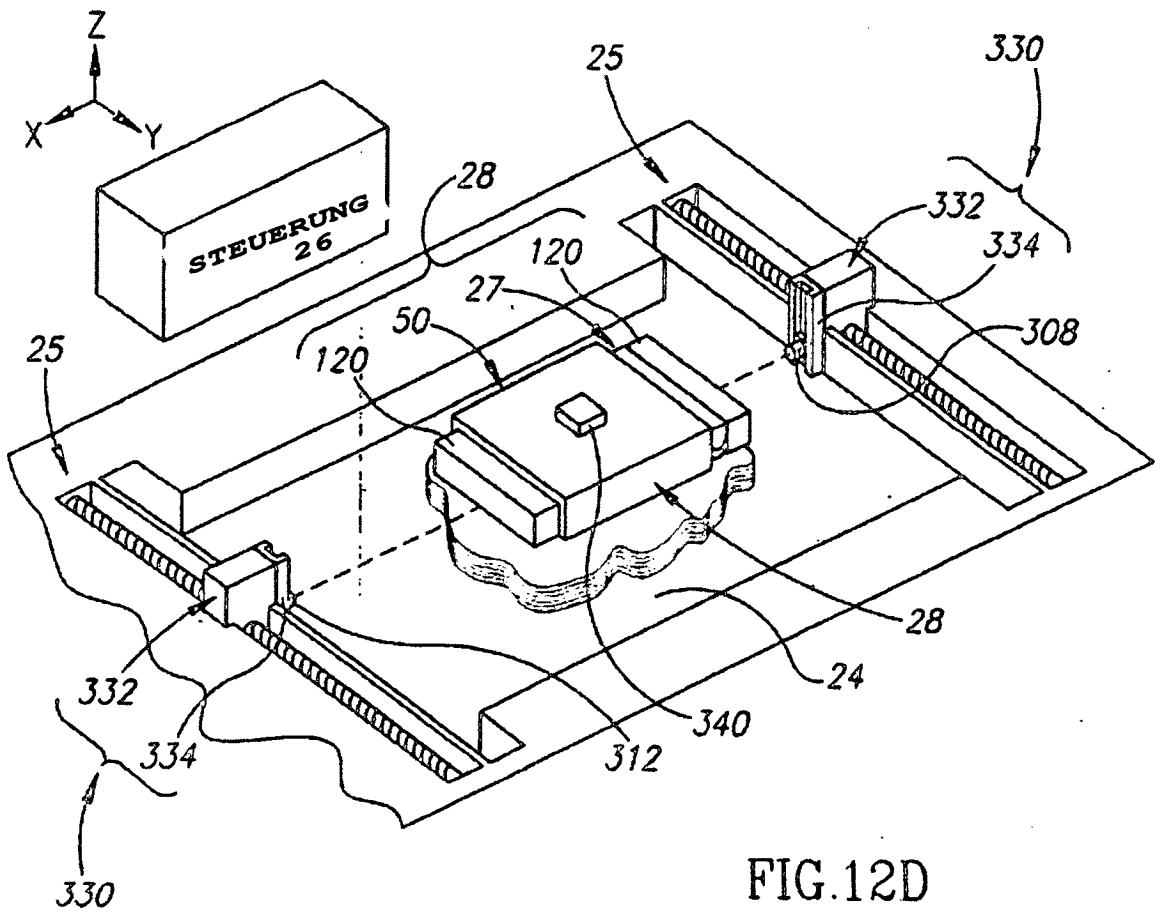


FIG.12D

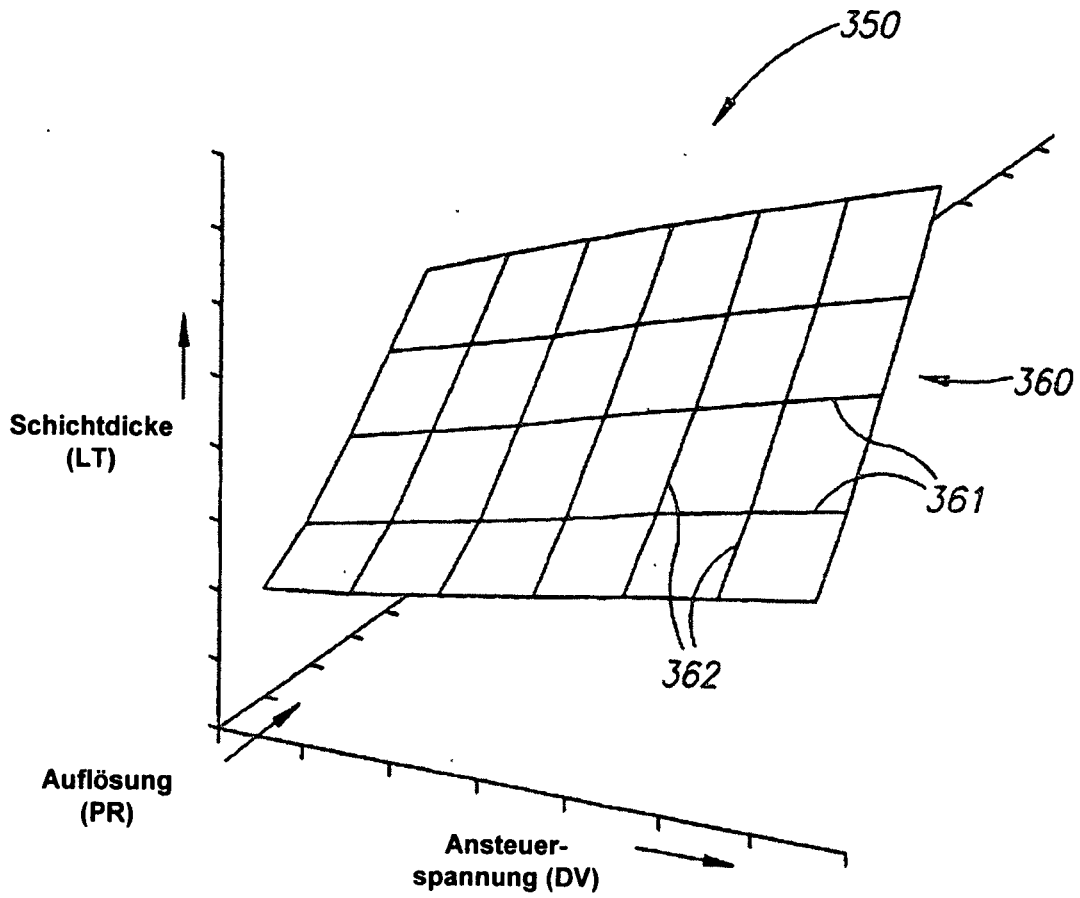


FIG.13

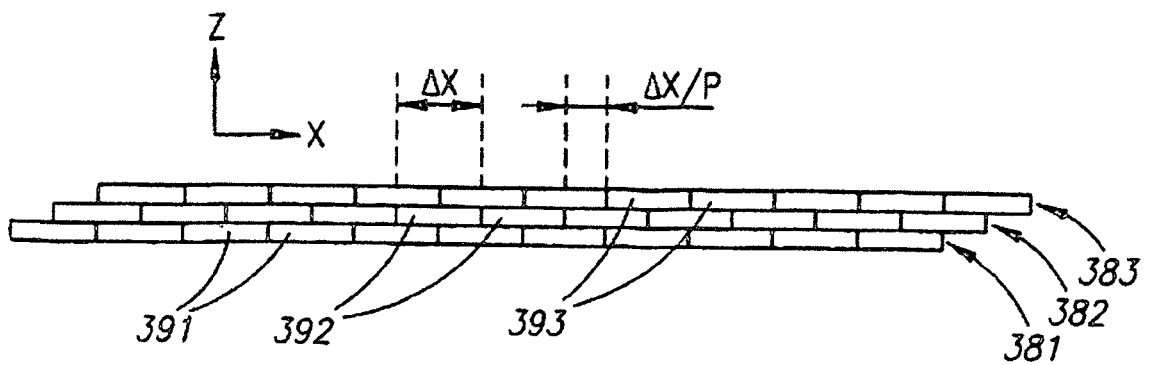


FIG.14