



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2017 207 291.1

(51) Int Cl.: **B29C 64/118 (2017.01)**

(22) Anmelddatag: 01.05.2017

**B29C 64/209 (2017.01)**

(43) Offenlegungstag: 09.11.2017

**B29C 64/241 (2017.01)**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 10.07.2025

**B33Y 10/00 (2015.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

15/147,259 05.05.2016 US

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2015 016 823	A1
FR	2 684 590	A1
US	2004 / 0 164 436	A1
US	6 030 199	A
CN	1 04 097 327	A

(73) Patentinhaber:

Xerox Corporation, Norwalk, Conn., US

CN 1 04 097 327 A - maschinelle Übersetzung,  
Espacenet, 11.01.2022

(74) Vertreter:

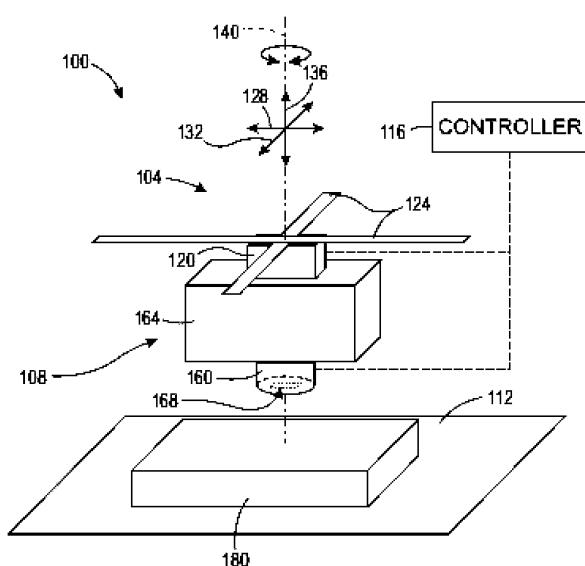
Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG mbB,  
80802 München, DE

(72) Erfinder:

Lynn, Christopher G., Wolcott, N.Y., US; Mantell,  
David A., Rochester, N.Y., US; Nystrom, Peter J.,  
Webster, N.Y., US

(54) Bezeichnung: **Extruderanordnung und Verfahren zum Bilden eines dreidimensionalen Bauobjekts**

(57) Hauptanspruch: Extruderanordnung (108) für ein System zum Drucken dreidimensionaler Objekte, umfassend: einen Extruderkörper (160) mit einem Extrusionsschlitz (168), um zu ermöglichen, dass ein kontinuierliches Filament eines Materials durch den Extrusionsschlitz (168) extrudiert wird; zumindest einen Verschlusskörper (264) mit einer zentralen Öffnung (268); ein Stellglied (272), das mit dem zumindest einen Verschlusskörper (264) wirksam verbunden ist, wobei das Stellglied (272) dafür eingerichtet ist, den zumindest einen Verschlusskörper (264) zu drehen, um eine Breite des durch den Extrusionsschlitz (168) extrudierten Filaments zu reduzieren; und zumindest ein Stellglied (120), das mit der Extruderanordnung (108) wirksam verbunden ist, wobei das zumindest eine Stellglied (120) dafür eingerichtet ist, den Extruderkörper (160) in einer horizontalen Ebene translatorisch zu bewegen und den Extruderkörper (160) um eine Drehachse (140) zu drehen.



## Beschreibung

**[0001]** Eine digitale dreidimensionale Fertigung, auch bekannt als digitale additive Fertigung, ist ein Prozess zum Erzeugen eines dreidimensionalen festen Objekts in praktisch jeder beliebigen Form aus einem digitalen Modell. Drucken dreidimensionaler Objekte ist ein additiver Prozess, bei welchem eine oder mehrere Extruder- oder Ejektoranordnungen sukzessive Schichten eines Materials auf einem Substrat in verschiedenen Formen bilden. In einigen herkömmlichen Druckern für dreidimensionale Objekte sind die Extruder Druckköpfen in Dokumentendruckern ähnlich, da sie ein Array von Extrudern, die einen kontinuierlichen Strom eines Materials abgeben, um Schichten zu bilden, statt eines Arrays von Ejektoren umfassen, die Materialtropfen ausstoßen, um Schichten zu bilden.

**[0002]** In anderen bekannten Druckern für dreidimensionale Objekte umfasst die Extruderanordnung eine einzige Düse, die dafür eingerichtet ist, den Werkstoff bzw. das Baumaterial zu extrudieren, um Schichten zur Herstellung eines gedruckten Objekts zu bilden. Die Düse ist im Allgemeinen als ein kleines kreisförmiges Loch gestaltet, das ein kontinuierliches Filament eines Baumaterials abgibt. Die Filamente werden schichtweise abgelegt, um das dreidimensionale Teil zu bilden. In solch einer Extruderanordnung sollte das gedruckte Objekt schnell und genau geschaffen werden. Der Durchmesser der Düse bestimmt sowohl die minimale Auflösung des Teils als auch die Geschwindigkeit, mit der das Objekt gebildet werden kann. Beispielsweise kann eine Düse mit größerem Durchmesser das Objekt schneller bilden, weist aber eine reduzierte Auflösung auf, während eine Düse mit kleinerem Durchmesser kleinere Details bilden kann, aber die Herstellung des Produkts mehr Zeit erfordert. Folglich stellt in herkömmlichen Druckern für dreidimensionale Objekte die Größe der Düse einen Kompromiss zwischen Aufbaugeschwindigkeit und Aufbauauflösung dar.

**[0003]** Dementsprechend wären Verbesserungen in Systemen und Verfahren zum Bilden dreidimensionaler Objekte mit Druckern vorteilhaft, die Extruderanordnungen enthalten, so dass die Objekte mehr Details bei reduzierter Fertigungsdauer aufweisen.

**[0004]** CN 104 097 327 A offenbart eine Struktur zur Einstellung des Düsenquerschnitts eines 3D-Druckers sowie auf ein Verfahren zur Steuerung der Geschwindigkeit und der Präzision.

**[0005]** US 2004/164436 A1 offenbart eine Mehrfachdüsenanordnung für die Extrusion von Wänden für einen 3D Drucker.

**[0006]** DE 10 2015 016 823 A1 offenbart einen 3D Grossformat-Vollfarb-Drucker mit Durchsatz- und Form-variabler Düse.

**[0007]** FR 2 684 590 A1 offenbart eine Vorrichtung zur Herstellung von dreidimensionalen festen Gegenständen durch Übereinanderlegen von aufeinanderfolgenden Schichten.

**[0008]** US 6 030 199 A offenbart eine verbesserte Vorrichtung und ein verbessertes Verfahren zum Formen eines dreidimensionalen Objekts. Die Vorrichtung umfasst Behälter zur Aufnahme geschmolzener Formmaterialien, mechanische Kolben- oder Schraubenelemente in den Behältern zum Unterdrucksetzen der geschmolzenen Formmaterialien in jedem der Behälter und einen einstellbaren planaren Düsenmechanismus, der mit den Behältern verbunden ist und durch den die unter Druck stehenden geschmolzenen Formmaterialien fließen, um planare Strahlen variabler Breite zu bilden.

**[0009]** In einer Ausführungsform weist eine Extruderanordnung für ein dreidimensionales Objekt einen Extrusionsschlitz auf, um ein schnelleres Drucken dreidimensionaler Objekte mit höherer Präzision zu ermöglichen. Das Drucksystem umfasst einen Extruderkörper mit einem Extrusionsschlitz, um zu ermöglichen, dass ein kontinuierliches Filament eines Materials durch den Extrusionsschlitz extrudiert wird, und zumindest ein mit dem Extruderkörper wirksam verbundenes Stellglied. Das zumindest eine Stellglied ist dafür eingerichtet, den Extruderkörper in einer horizontalen Ebene zu verschieben bzw. translatorisch zu bewegen und den Extruderkörper um eine Drehachse zu drehen. Weiterhin umfasst das Drucksystem zumindest einen Verschlusskörper mit einer zentralen Öffnung ein Stellglied, das mit dem zumindest einen Verschlusskörper wirksam verbunden ist, wobei das Stellglied dafür eingerichtet ist, den zumindest einen Verschlusskörper zu drehen, um eine Breite des durch den Extrusionsschlitz extrudierten Filaments zu reduzieren

**[0010]** In einer anderen Ausführungsform ermöglicht ein Verfahren zum Bilden eines dreidimensionalen Bauobjekts ein schnelleres Drucken dreidimensionaler Objekte mit höherer Präzision. Das Verfahren umfasst ein Extrudieren eines Baumaterials durch einen Extrusionsschlitz eines Extruderkörpers einer Extruderanordnung, ein translatorisches Bewegen des Extruderkörpers in einer horizontalen Ebene mit dem zumindest einen Stellglied, während Baumaterial extrudiert wird, um ein kontinuierliches Band aus Baumaterial zu bilden, und Drehen des Extruderkörpers um eine Drehachse mit dem zumindest einen Stellglied, während das Baumaterial extrudiert wird. Weiterhin umfasst das Verfahren das Bewegen zumindest eines Ver-

schlusskörpers über einen Teilbereich des Extrusionsschlitzes, indem ein Verschlussstellschraube betätigt wird, um einen ersten Teilbereich des Extrusionsschlitzes zu schließen und eine Breite des durch den Extrusionsschlitz extrudierten Filaments zu reduzieren.

**[0011]** In noch einer anderen Ausführungsform gemäß der Offenbarung hat eine Extruderanordnung für ein System zum Drucken dreidimensionaler Objekte einen Extrusionsschlitz und einen Verschlusskörper, der ermöglicht, dass die Extrusionsfläche des Extrusionsschlitzes für eine bessere Genauigkeit beim Drucken dreidimensionaler Objekte und schnellere Bauzeiten eingestellt wird. Das Drucksystem umfasst einen Extruderkörper, zumindest ein erstes Stellschraube, zumindest einen Verschlusskörper und ein zweites Stellschraube, wobei der zumindest eine Verschlusskörper unter einem Winkel bezüglich einer vertikalen Achse angeordnet ist, welche parallel zu einer Drehachse ist, und der zumindest eine Verschlusskörper schräg mit einer Oberfläche der ersten keilförmigen Spannzange in Kontakt steht. Die Extruderanordnung verfügt weiterhin über eine keilförmige Spannzange. Der Extruderkörper weist einen Extrusionsschlitz auf, um zu ermöglichen, dass ein kontinuierliches Materialfaden durch den Extrusionsschlitz extrudiert wird. Das zumindest eine erste Stellschraube ist mit dem Extruder wirksam verbunden und dafür eingerichtet, den Extruderkörper in einer horizontalen Ebene translatorisch zu bewegen. Das zweite Stellschraube ist mit der keilförmigen Spannzange wirksam verbunden und dafür eingerichtet, die keilförmige Spannzange selektiv vertikal zu bewegen, um den zumindest einen Verschlusskörper selektiv horizontal über den Extrusionsschlitz zu bewegen, um einen ersten Teilbereich des Extrusionsschlitzes zu schließen und eine Breite des durch den Extrusionsschlitz extrudierten Filaments zu reduzieren.

**[0012]** Die vorhergehenden Aspekte und andere Merkmale eines Druckers mit Extrudern und eines Verfahrens zum Betreiben eines Druckers mit Extrudern werden in der folgenden Beschreibung erläutert, die in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen vorgenommen wird.

**Fig. 1** ist eine schematische Veranschaulichung eines Druckers für dreidimensionale Objekte, der eine Extruderanordnung mit einem Extrusionsschlitz aufweist.

**Fig. 2** veranschaulicht eine partielle Schnittansicht von oben eines Verschlussystems für den Drucker für 3D-Objekte von **Fig. 1** mit einem sich linear bewegenden Verschlusskörper, der dafür eingerichtet ist, zumindest einen Teilbereich des Extrusionsschlitzes zu schließen.

**Fig. 3** veranschaulicht eine partielle Schnittansicht von oben eines Verschlussystems für den Drucker für 3D-Objekte von **Fig. 1** mit zwei, sich linear bewegenden Verschlussköpfen, von denen jeder dafür eingerichtet ist, einen Teilbereich des Extrusionsschlitzes zu schließen.

**Fig. 4** veranschaulicht eine seitliche partielle Querschnittsansicht eines Extruderkörpers für den Drucker für 3D-Objekte von **Fig. 1** mit einem Verschlussystem mit flexiblen, sich linear bewegenden Verschlussköpfen, die dafür eingerichtet sind, einen Teilbereich des Extrusionsschlitzes zu schließen.

**Fig. 5** veranschaulicht eine partielle Schnittansicht von oben eines Verschlussystems für den Drucker für 3D-Objekte von **Fig. 1** mit einem Verschlusskörper, der um eine Schwenkachse drehbar ist, um einen Teilbereich des Extrusionsschlitzes zu schließen, mit dem Verschlusskörper in einer offenen Stellung.

**Fig. 6** veranschaulicht eine partielle Schnittansicht von oben des Verschlusssystems von **Fig. 5** mit dem Verschlusskörper in einer geschlossenen Stellung.

**Fig. 7** veranschaulicht eine partielle Schnittansicht von oben eines Verschlusssystems für den Drucker für 3D-Objekte von **Fig. 1** mit zwei Verschlussköpfen, die jeweils durch ein Spannzangenbauteil bewegt werden, um einen Teilbereich des Extrusionsschlitzes zu schließen.

**Fig. 8** veranschaulicht eine seitliche partielle Querschnittsansicht des Verschlusssystems von **Fig. 7**, wobei Verschlusskörper den Extrusionsschlitz nicht blockieren.

**Fig. 9** veranschaulicht eine seitliche partielle Querschnittsansicht des Verschlusssystems von **Fig. 8**, wobei die Verschlusskörper jeweils einen Teilbereich des Extrusionsschlitzes blockieren.

**Fig. 10** veranschaulicht ein Verfahren zum Betreiben des Druckers für 3D-Objekte von **Fig. 1**, um ein Bauobjekt herzustellen.

**Fig. 11** veranschaulicht eine Draufsicht einer durch den Drucker für 3D-Objekte von **Fig. 1** gemäß dem Verfahren von **Fig. 10** hergestellten ersten Schicht.

**Fig. 12** veranschaulicht eine Draufsicht der ersten Schicht von **Fig. 11** und einer zweiten Schicht, die durch den Drucker für 3D-Objekte von **Fig. 1** gemäß dem Verfahren von **Fig. 10** hergestellt wurde.

**Fig. 13** veranschaulicht eine partielle schematische Draufsicht des Extruderkörpers von **Fig. 1**,

der sich gleichzeitig translatorisch bewegt und dreht, um ein gekrümmtes Merkmal zu bilden.

**Fig. 14** veranschaulicht eine graphische Darstellung eines Extrusionsfaktors gegen das Verhältnis von Radius zu Extrusionsbreite für die Herstellung gekrümmter Merkmale unter Verwendung des Extrusionsschlitzes von **Fig. 1**.

**Fig. 15** veranschaulicht eine partielle schematische Draufsicht des Extruderkörpers von **Fig. 1**, der sich mit dem langen Rand des Schlitzes senkrecht zur Fahrrichtung bewegt.

**Fig. 16** veranschaulicht eine partielle schematische Draufsicht des Extruderkörpers von **Fig. 1**, der sich mit dem langen Rand des Schlitzes unter einem Winkel von 45 Grad bezüglich der Fahrrichtung bewegt.

**Fig. 17** veranschaulicht eine partielle schematische Draufsicht des Extruderkörpers von **Fig. 1**, der sich mit dem langen Rand des Schlitzes parallel zur Fahrrichtung bewegt.

**Fig. 18** ist eine schematische Veranschaulichung eines Druckers für dreidimensionale Objekte, der eine Extruderanordnung mit einem Extrusionsschlitz aufweist und ein separates Stellglied enthält, das dafür eingerichtet ist, den Extruderkörper in jede der x-, y-, z- und Drehrichtungen zu bewegen.

**Fig. 19** veranschaulicht eine schematische Ansicht eines Druckers für dreidimensionale Objekte, der eine Extruderanordnung aufweist, die einen ersten Extruderkörper mit einem Extrusionsschlitz und einen zweiten Extruderkörper mit einer Extrusionsdüse umfasst.

**[0013]** Für ein allgemeines Verständnis der Umgebung für das System und Verfahren, die hierin offenbart sind, sowie der Details für das System und Verfahren wird auf die Zeichnungen verwiesen. In den Zeichnungen wurden durchgehend gleiche Bezugszeichen verwendet, um gleiche Elemente zu bezeichnen.

**[0014]** **Fig. 1** veranschaulicht einen Drucker 100 für dreidimensionale Objekte. Der Drucker 100 für dreidimensionale Objekte umfasst eine Aktor- bzw. Stellgliedanordnung 104, eine Extruderanordnung 108, eine Platte 112 und einen Controller 116. Die Stellgliedanordnung 104 umfasst zumindest ein Stellglied 120 und ein Paar Schienen 124, die an einem (nicht dargestellten) Tragrahmen angebracht sind. Die Schienen 124 sind dafür eingerichtet, das Stellglied 120 und die Extruderanordnung 108 zu tragen, um zu ermöglichen, dass das Stellglied 120 die Extruderanordnung 108 entlang einer x-Achse 128, einer y-Achse 132 und einer z-Achse 136 verschiebt bzw. translatorisch bewegt und die Extruderanordnung 108 um eine Drehachse 140 dreht, welche in der ver-

anschaulichen Ausführungsform zur z-Achse 136 parallel ist.

**[0015]** In der Ausführungsform von **Fig. 1** umfasst die Stellgliedanordnung 104 ein einziges Stellglied 120, das dafür eingerichtet ist, die Extruderanordnung 108 in den x-, y- und z-Achsen 128, 132 bzw. 136 translatorisch zu bewegen und das Stellglied um die Drehachse 140 zu drehen. In einer anderen Ausführungsform umfasst die Stellgliedanordnung 104 ein erstes Stellglied, das dafür eingerichtet ist, die Extruderanordnung 108 in den x-, y- und z-Achsen 128, 132, 136 zu bewegen, und ein zweites Stellglied, das dafür eingerichtet ist, die Extruderanordnung 108 um die Drehachse 140 zu drehen. In noch einer anderen Ausführungsform, die in **Fig. 18** veranschaulicht ist, umfasst die Stellgliedanordnung 104A ein erstes Stellglied 120X, das dafür eingerichtet ist, den Extruderkörper 160 in der x-Richtung 128 zu bewegen, ein zweites Stellglied 120Y, das dafür eingerichtet ist, den Extruderkörper 160 in der y-Richtung 132 zu bewegen, ein drittes Stellglied 120Z, das dafür eingerichtet ist, den Extruderkörper 160 in der z-Richtung 136 zu bewegen, und ein vieres Stellglied 120R, das dafür eingerichtet ist, den Extruderkörper 160 um die Drehachse 140 zu drehen.

**[0016]** Zurück verweisend auf **Fig. 1** umfasst die Extruderanordnung 108 einen Extruderkörper 160 und ein Reservoir 164, welches dafür eingerichtet ist, eine Menge an Baumaterial zu speichern. Ein (in der Ansicht von **Fig. 1** nicht maßstabsgetreu dargestellter) Extrusionsschlitz 168 ist an der Unterseite des Extruderkörpers 160 definiert. Der Extrusionsschlitz 168 ist mit dem Reservoir 164 wirksam verbunden und dafür eingerichtet, vom Reservoir 164 empfangenes Baumaterial zu extrudieren, um ein Bauobjekt 180 auf der Platte 112 zu bilden. In einer Ausführungsform beträgt die Länge des Extrusionsschlitzes 168 zwischen annähernd 0,75 mm und annähernd 6,4 mm, und die Breite des Extrusionsschlitzes beträgt zwischen annähernd 0,2 mm und annähernd 0,5 mm. In einer anderen spezifischen Ausführungsform beträgt die Länge des Extrusionsschlitzes 168 annähernd 1,2 mm, und die Breite des Extrusionsschlitzes beträgt annähernd 0,3 mm. In einigen Ausführungsformen ist der Extrusionsschlitz 168 so eingerichtet, dass er zur Ebene der Oberfläche der Platte 112 parallel ist, und die Drehung um die Achse 140 hält den Schlitz in paralleler Ausrichtung zur Oberfläche der Platte. Die Drehung wird in einigen Fällen unter Bezugnahme auf die Bewegungsrichtung des Extruders basierend auf der gewünschten Größe des extrudierten Bandes eingestellt.

**[0017]** In einigen Ausführungsformen enthält der Extruderkörper 160 ein Verschlussystem zum Verschließen des Extrusionsschlitzes oder eines Teilbereichs davon. Verschiedene Verschlussysteme 200,

220, 240, 260, 280 zur Verwendung im Extruderkörper 160 sind in **Fig. 2 - 9** veranschaulicht. **Fig. 2** veranschaulicht ein Verschlussystem 200 mit einem flachen Verschlusskörper 204. Der flache Verschlusskörper 204 ist mit einem Stellglied 208 wirksam verbunden, das dafür eingerichtet ist, den flachen Verschlusskörper 204 linear über den Schlitz 168 zu schieben, um einen Teilbereich des Schlitzes zu schließen. Das Stellglied 208 ist mit dem Controller 116 wirksam verbunden, der, wie im Folgenden im Detail diskutiert wird, dafür eingerichtet ist, das Stellglied 208 zu betätigen, um die Position des flachen Verschlusskörpers 204 basierend auf der gewünschten Größe des extrudierten Bandes einzustellen.

**[0018]** Eine andere Ausführungsform eines Verschlusssystems 220 ist in **Fig. 3** veranschaulicht. Die Ausführungsform von **Fig. 3** ist der Ausführungsform von **Fig. 2** ähnlich, außer dass das Verschlussystem 220 zwei flache Verschlusskörper 224, 228 umfasst, von denen jeder mit dem Stellglied 232 wirksam verbunden ist. Das Stellglied 232 ist mit dem Controller 116 wirksam verbunden, der dafür eingerichtet ist, das Stellglied 232 zu betätigen, um die Position jedes flachen Verschlusskörpers 224, 228 einzustellen. In einer Ausführungsform ist das Stellglied 232 dafür eingerichtet, jeden Verschlusskörper 224, 228 unabhängig voneinander zu bewegen, um verschiedene Teilbereiche des Schlitzes 168 auf jeder Seite des Schlitzes 168 zu schließen. In einer anderen Ausführungsform ist das Stellglied 232 dafür eingerichtet, die Verschlusskörper zusammen, aber in entgegengesetzte Richtungen zu bewegen, um auf jeder Seite des Schlitzes 268 den gleichen Teilbereich des Schlitzes 168 zu schließen.

**[0019]** **Fig. 4** veranschaulicht eine andere Ausführungsform eines Verschlussystems 240 zur Verwendung im Extruderkörper 160 von **Fig. 1**. Das Verschlussystem 240 enthält einen biegsamen Verschlusskörper 244, welcher mit einem Stellglied 248 wirksam verbunden ist. Der biegsame Verschlusskörper 244 entspricht im Allgemeinen den Boden- und Seitenwänden des Extruderkörpers 160. Das Stellglied 248 ist mit dem Controller 116 wirksam verbunden, welcher dafür eingerichtet ist, das Stellglied 248 zu betätigen, um den Verschlusskörper 244 entlang den Seiten- und Bodenwänden des Extruderkörpers 160 zu bewegen, um einen Teilbereich des Schlitzes 168 zu bedecken.

**[0020]** Die in **Fig. 4** veranschaulichte Ausführungsform zeigt einen Verschlusskörper 244 auf einer Seite des Schlitzes. Der Leser sollte jedoch erkennen, dass in einigen Ausführungsformen das Verschlussystem 240 einen zweiten, mit dem Stellglied 248 wirksam verbundenen Verschlusskörper auf der gegenüberliegenden Seite des Schlitzes 168 umfasst, um einen Teilbereich der gegenüberliegen-

den Seite des Schlitzes 168 in ähnlicher Weise zur Ausführungsform von **Fig. 3** zu schließen.

**[0021]** **Fig. 5 und Fig. 6** veranschaulichen ein weiteres Verschlussystem 260 zur Verwendung im Extruderkörper 160 von **Fig. 1**. Das Verschlussystem 260 umfasst einen runden Verschlusskörper 264, der eine zentrale Öffnung 268 definiert. In der veranschaulichten Ausführungsform ist die zentrale Öffnung 268 ovalförmig, obgleich andere gewünschte Formen, zum Beispiel rechtwinkelig, trapezförmig oder dreieckig, in anderen Ausführungsformen genutzt werden können. Der Verschlusskörper 264 ist mit einem Stellglied 272 wirksam verbunden, welches dafür eingerichtet ist, den Verschlusskörper zu drehen. Das Stellglied 272 ist mit dem Controller 116 wirksam verbunden, und der Controller 116 ist dafür eingerichtet, das Stellglied 272 zu betätigen, um den Verschlusskörper 264 um eine Schwenkachse 276 zu drehen, um zumindest einen Teilbereich des Schlitzes 168 mit dem Verschlusskörper 264 wie in **Fig. 6** veranschaulicht zu blockieren.

**[0022]** **Fig. 7 - 9** veranschaulichen eine andere Ausführungsform eines Verschlussystems 280 zur Verwendung im Extruderkörper 160 von **Fig. 1**. Das Verschlussystem 280 umfasst zwei Verschlusskörper 282, 284 und zwei keilförmige Spannzangenbauteile 286, 288. Jedes keilförmige Spannzangenbauteil ist mit einem Stellglied 292 wirksam verbunden. Wie in den vertikalen Querschnittsansichten von **Fig. 8** und **Fig. 9** ersichtlich ist, sind die Verschlusskörper 282, 284 Stifte, die auf einer schrägen Oberfläche der Spannzangenbauteile 286, 288 liegen.

**[0023]** Das Stellglied 292 ist mit dem Controller 116 wirksam verbunden, welcher das Stellglied 292 betätigt, um die Spannzangenbauteile 286, 288 vertikal zu bewegen. Die Aufwärts- und Abwärtsbewegung der Spannzangenbauteile 286, 288 bewirkt, dass die schrägen Oberflächen der Spannzangenbauteile 286, 288 mit den entsprechenden Verschlussköpfen 282, 284 zusammenwirken, um die Verschlusskörper 282, 284 horizontal zu bewegen. Dementsprechend bewegen sich, während sich die Spannzangenbauteile 286, 288 nach oben bewegen, dargestellt in **Fig. 9**, die Verschlusskörper 282, 284 aufeinander zu, wobei sie einen Teilbereich des Schlitzes 168 schließen. In der veranschaulichten Ausführungsform ist das Stellglied 292 mit beiden Spannzangenbauteilen 286, 288 wirksam verbunden. In einer anderen Ausführungsform ist das Stellglied 292 jedoch mit nur einem der Spannzangenbauteile 286, 288 verbunden, und die Spannzangenbauteile 286, 288 sind so miteinander verbunden, dass sie sich zusammen vertikal bewegen.

**[0024]** **Fig. 10** veranschaulicht einen Prozess 400, der genutzt wird, um den Drucker 100 für dreidimensionale Objekte zu betreiben, um Baumaterial zu ext-

rudieren, um ein Bauobjekt 180 zu schaffen. Aussagen, dass der Prozess eine gewisse Aufgabe oder Funktion ausführt, beziehen sich auf einen Controller oder einen Mehrzweck-Prozessor, der programmierte Anweisungen ausführt, die in nicht transitorischen bzw. nichtflüchtigen computerlesbaren Speichermedien gespeichert sind, die mit dem Controller oder Prozessor wirksam verbunden sind, um Daten zu manipulieren und eine oder mehrere Komponenten im System zu betätigen, um die Aufgabe oder Funktion auszuführen. Der Controller 116 des Druckers 100 für dreidimensionale Objekte, der oben erwähnt wurde, kann mit Komponenten und programmierten Anweisungen konfiguriert sein, um einen Controller oder Prozessor vorzusehen, der den Prozess 400 ausführt. Alternativ dazu kann der Controller mit mehr als einem Prozessor und zugeordneten Schaltungen und Komponenten realisiert sein, von denen jede dafür eingerichtet ist, eine oder mehrere, hierin beschriebene Aufgaben oder Funktionen auszuführen.

**[0025]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 10 - 12** beginnt der Prozess 400 damit, dass der Controller 116 das Stellglied 120 betätigt, um den Extruderkörper 160 zu drehen, um die Breite des Schlitzes auf die Fahrtrichtung für die erste Schicht 440 (**Fig. 11**) auszurichten (Block 404). In der in **Fig. 11** veranschaulichten Ausführungsform liegt zum Beispiel die erste Richtung in der y-Richtung. In einigen Ausführungsformen bestimmt der Controller 116 die gewünschte Fahrtrichtung basierend auf dem digitalen Modell des Bauobjekts. Der Controller 116 betätigt dann das Stellglied 120, um den Extruderkörper 160 in der Fahrtrichtung translatorisch zu bewegen, während Material aus dem Schlitz 168 extrudiert wird, um Streifen 442, 444, 446, 448, 450 aus Baumaterial zu extrudieren, um die erste Schicht 440 zu bilden (Block 408). In einer besonderen Ausführungsform bewegt das Stellglied 120 den Extruderkörper 160 während der Extrusionsprozesse in einer Geschwindigkeit zwischen annähernd 5000 mm/min und 8000 mm/min. In einer anderen besonderen Ausführungsform bewegt das Stellglied 120 den Extruderkörper 160 während der Extrusionsprozesse in einer Geschwindigkeit von annähernd 6000 mm/min.

**[0026]** In einigen Ausführungsformen des Druckers für dreidimensionale Objekte ist der Controller 116 dafür eingerichtet, das Stellglied 120 und die Extrudieranordnung 108 zu betätigen, um die Streifen 442 - 450 herzustellen, indem der Mittelstreifen 442 zuerst gebildet wird und dann die benachbarten Streifen 444, 446 gebildet werden und schließlich die äußeren Streifen 448, 450 gebildet werden, um eine Adhäsion zwischen den Streifen 442 - 450 zu verbessern und somit die strukturelle Festigkeit der Schicht zu verbessern. In anderen Ausführungsformen werden die Schichten 442 - 450 von links nach rechts oder rechts nach links gebildet, um eine

Geschwindigkeit der Schichtbildung zu erhöhen. In einigen Ausführungsformen weisen die Streifen 442 - 450 voneinander verschiedene Breiten auf. Zum Beispiel können die äußeren Streifen 448, 450 eine Breite aufweisen, die die halbe Breite der inneren Streifen 442, 444, 446 ist.

**[0027]** Ist die erste Schicht 440 einmal fertig, betätigt der Controller 116 das Stellglied 120, um den Extruderkörper 160 zu drehen, um auf die zweite Richtung auszurichten (Block 412). In der veranschaulichten Ausführungsform ist die zweite Richtung auf die x-Richtung orthogonal zur ersten Richtung ausgerichtet. Jedoch sollte der Leser erkennen, dass der Winkel zwischen der ersten und zweiten Richtung in Abhängigkeit von den Charakteristiken des Bauobjektes andere gewünschte Winkel bilden kann. Der Controller 116 betätigt dann das Stellglied 120, um den Extruderkörper 160 translatorisch zu bewegen, während Material aus dem Schlitz 168 extrudiert wird, um Streifen 462, 464, 466, 468, 470 aus Baumaterial zu extrudieren, welche die zweite Schicht bilden (Block 416).

**[0028]** Falls zusätzliche Schichten zu drucken sind, kann der Controller 116 das Stellglied 120 betätigen, um den Extruderkörper 160 zu drehen, um auf eine dritte Richtung auszurichten und eine weitere Schicht in der dritten Richtung zu bilden, oder der Controller 116 kann das Stellglied 120 betätigen, um die Verarbeitung von Block 400 zu wiederholen, um zusätzliche Schichten in der ersten und zweiten Richtung herzustellen.

**[0029]** Während **Fig. 11** und **12** die Streifen 442 - 450, 462 - 470 als voneinander getrennt veranschaulichen, um die Streifen 442 - 450, 462 - 470 der verschiedenen Schichten 440 bzw. 460 deutlich zu zeigen, sollte der Leser erkennen, dass die Streifen 442 - 450, 462 - 470 typischerweise einander benachbart bzw. nebeneinander gebildet werden, so dass sie eine kontinuierliche Materialschicht ausbilden.

**[0030]** Typischerweise besteht das Bauobjekt aus irregulären bzw. unregelmäßigen Schichten, nicht den einfachen rechteckigen Schichten, die in **Fig. 11 - 12** veranschaulicht sind. Diese unregelmäßigen Schichten schließen typischerweise Merkmale ein, die mit den oben veranschaulichten Streifen nicht gebildet werden können. Folglich ist eine Detailbildung für jene Details, die in den Streifen nicht gebildet werden können, erforderlich. Die Detailbildung wird typischerweise unmittelbar vor, unmittelbar nach oder in einigen Fällen während der Extrusion der Streifen, die den Großteil der Schicht bilden, durchgeführt (Blöcke 408 und 416).

**[0031]** Ein Beispiel von Details, die mit den Streifen nicht gebildet werden können, sind gekrümmte Formen. Um gekrümmte Details zu bilden, ist der Con-

troller 116 dafür eingerichtet, das Stellglied 120 oder in Ausführungsformen mit separaten translatorischen und rotatorischen Stellgliedern sowohl die translatorischen als auch die rotatorischen Stellglieder zu betätigen, um den Extruderkörper 160 zur gleichen Zeit zu drehen und translatorisch zu bewegen (**Fig. 13**). Während der Extruderkörper 160 und der Schlitz 168 sich drehen und translatorisch bewegen, definiert der äußere Rand des Schlitzes 168 den äußeren Rand der Kurve, während der innere Rand des Schlitzes 168 den inneren Rand der Kurve bildet. Da der äußere Rand des Extrusionsschlitzes 168 eine größere Distanz als der innere Rand des Schlitzes 168 durchläuft, ist eine Anpassung an die Extrusion erforderlich, um die verschiedenen Wegdistanzen der inneren und äußeren Ränder zu berücksichtigen. Insbesondere wenn der Radius der Kurve verglichen mit der Breite des Schlitzes 168 verhältnismäßig klein ist, muss die Menge an extrudiertem Baumaterial angepasst werden. Als ein Beispiel extrudiert ein Extrudieren eines kleinen Kreises mit einem Radius gleich der Breite des Schlitzes ( $r$ ) eine Fläche gleich  $\pi r^2$ , während der äußere Rand eine lineare Distanz von  $2\pi r$  durchläuft. Folglich sollte die Extrusionsrate proportional  $\pi r^2/(2\pi r)$  oder  $r/2$  sein. Auf der anderen Seite ist für einen Kreis mit sehr großem Radius ( $R$ ) die Differenz zwischen den Distanzen, die von den inneren und äußeren Rändern des Extrusionsschlitzes 168 durchlaufen werden, minimal, und die Extrusionsrate ist proportional der gedruckten Fläche ( $2\pi rR$ ), geteilt durch die Weglänge ( $2\pi R$ ), was gleich  $r$  ist oder in diesem Beispiel die Schlitzbreite. **Fig. 14** veranschaulicht eine Kurve des Extrusionsfaktors, aufgetragen gegen das Verhältnis des Radius zur Extrusionsbreite oder Schlitzbreite.

**[0032]** In einigen Ausführungsformen werden bestimmte Details durch den Controller 116 gebildet, der das Stellglied 120 betätigt, um den Extruderkörper 160 zu einem Winkel relativ zur Fahrtrichtung zu drehen, was die effektive Breite 480 des extrudierten Filaments in der Fahrtrichtung reduziert, wie in **Fig. 14 - 16** veranschaulicht ist. Wie in **Fig. 16** veranschaulicht ist, wird beispielsweise die Breite 480 des extrudierten Bandes senkrecht zur Fahrtrichtung geringfügig reduziert, da der Extruderkörper 160 um 45 Grad gedreht ist. Wenn der Extruderkörper 160 so gedreht wird, dass die lange Abmessung des Schlitzes 168 parallel zur Fahrtrichtung ist, wird die Extrusionsbreite 480 auf die minimale Abmessung des Schlitzes 168 reduziert, wie in **Fig. 17** veranschaulicht ist.

**[0033]** In Ausführungsformen des Systems zum Drucken dreidimensionaler Objekte mit einem oben beschriebenen Verschlussystem 200, 220, 240, 260, 280 ist der Controller 116 dafür eingerichtet, das Stellglied 208, 232, 248, 272, 292 zu betätigen, um die Breite des Bandes zu reduzieren, um

bestimmte Details zu bilden. Der Controller 116 betätigt das Stellglied 208, 232, 248, 272, 292, um das zugeordnete Verschlussbauteil oder - bauteile so zu bewegen, dass die Verschlussbauteile einen Teilbereich des Schlitzes 168 bedecken und die Breite des Bandes oder Filaments aus extrudiertem Baumaterial reduzieren. Mit der reduzierten Extrusionsbreite betätigt der Controller 116 des Stellglied 120, um den Extruderkörper 160 translatorisch zu bewegen, zu drehen oder sowohl translatorisch zu bewegen als auch zu drehen, um Details des Bauobjekts zu bilden, die kleiner als die Größe des Schlitzes 168 sind. In einigen Ausführungsformen betätigt der Controller 116 zur gleichen Zeit sowohl das translatorische/rotatorische Stellglied 120 als auch das Verschlussstellglied 208, 232, 248, 272, 292, um Details zu bilden, um zum Beispiel ein dreieck- oder trapezförmiges Detail zu bilden. In weiteren Ausführungsformen ist der Controller 116 dafür eingerichtet, das zugeordnete Stellglied 208, 232, 248, 272, 292 zu betätigen, um den gesamten Schlitz 168 zu bedecken, wodurch die Extrusion gestoppt und eine unerwünschte Extrusion reduziert wird, während der Extruderkörper 160 bewegt wird, was als „Weeping“ bekannt ist.

**[0034]** Diese durch die Ausführungsformen des Systems 100 zum dreidimensionalen Drucken ermöglichten Techniken gestatten, dass die Schichten des Bauobjekts schnell gebildet werden, indem der Schlitz 168 auf die Fahrtrichtung ausgerichtet und breite Bänder eines Baumaterials extrudiert werden. Außerdem können Schichten, die in der z-Richtung benachbart sind, unter zueinander verschiedenen Winkeln zur Fahrtrichtung gebildet werden, wodurch die gesamte strukturelle Festigkeit des Bauobjekts erhöht wird. Während eine Extrusion durch den Schlitz 168 eine schnellere Bildung eines Bauobjekts als durch eine herkömmliche Düse ermöglicht, ermöglichen überdies das Verschlussystem 200, 220, 240, 260, 280 und die Drehung des Extruderkörpers 160 dem System 100 zum Drucken dreidimensionaler Objekte, Kurven und kleine Details zu bilden, die mit bekannten Druckern für dreidimensionale Objekte mit einem geschlitzten Extruder nicht hergestellt werden können.

**[0035]** **Fig. 19** veranschaulicht eine andere Ausführungsform eines Druckers 600 für dreidimensionale Objekte, der der oben beschriebenen Ausführungsform von **Fig. 1** ähnlich ist. Der Einfachheit halber werden hierin nur die Unterschiede zwischen dem Drucker 600 für dreidimensionale Objekte von **Fig. 19** und dem Drucker 100 für dreidimensionale Objekte von **Fig. 1** veranschaulicht. Im Drucker 600 für dreidimensionale Objekte umfasst die Extruderanordnung 608 zusätzlich zum oben beschriebenen Extruderkörper 160 einen zweiten Extruderkörper 672. Der zweite Extruderkörper 672 ist mit dem Reservoir 164 wirksam verbunden und dafür einge-

richtet, das gleiche Baumaterial vom Reservoir 164 wie der erste Extruderkörper 160 zu empfangen. Der zweite Extruderkörper definiert eine Extrusionsdüse 676 mit einem Durchmesser, der kleiner als der Extrusionsschlitz 168 des Extruderkörpers 160 ist.

**[0036]** Der zweite Extruderkörper 672 ist mit dem Controller 116 wirksam verbunden, welcher dafür eingerichtet ist, den ersten Extruderkörper 160 zu betreiben, um große Objekte auf dem Bauobjekt 180 herzustellen, indem Baumaterial durch den Extrusionsschlitz 168 extrudiert wird. Der Controller 116 ist dafür eingerichtet, den zweiten Extruderkörper 672 zu betreiben, um ein kleines Filament durch die Düse 676 zu extrudieren, um Details und kleinere Objekte auf dem Bauobjekt 180 herzustellen. Folglich kann der Drucker 600 für 3D-Objekte größere Objekte schnell herstellen, behält aber die Fähigkeit bei, kleine Details auf dem Bauobjekt 180 herzustellen.

### Patentansprüche

1. Extruderanordnung (108) für ein System zum Drucken dreidimensionaler Objekte, umfassend: einen Extruderkörper (160) mit einem Extrusionsschlitz (168), um zu ermöglichen, dass ein kontinuierliches Filament eines Materials durch den Extrusionsschlitz (168) extrudiert wird; zumindest einen Verschlusskörper (264) mit einer zentralen Öffnung (268); ein Stellglied (272), das mit dem zumindest einen Verschlusskörper (264) wirksam verbunden ist, wobei das Stellglied (272) dafür eingerichtet ist, den zumindest einen Verschlusskörper (264) zu drehen, um eine Breite des durch den Extrusionsschlitz (168) extrudierten Filaments zu reduzieren; und zumindest ein Stellglied (120), das mit der Extruderanordnung (108) wirksam verbunden ist, wobei das zumindest eine Stellglied (120) dafür eingerichtet ist, den Extruderkörper (160) in einer horizontalen Ebene translatorisch zu bewegen und den Extruderkörper (160) um eine Drehachse (140) zu drehen.

2. Extruderanordnung (108) nach Anspruch 1, wobei das zumindest eine Stellglied (120) ferner umfasst: ein erstes Stellglied, das dafür eingerichtet ist, den Extruderkörper (160) zu drehen; und ein zweites Stellglied, das dafür eingerichtet ist, den Extruderkörper (160) translatorisch zu bewegen.

3. Extruderanordnung (108) nach Anspruch 1, wobei das zumindest eine Stellglied (120) ein einziges Stellglied ist, das dafür eingerichtet ist, den Extruderkörper (160) sowohl zu drehen als auch translatorisch zu bewegen.

4. Verfahren zum Bilden eines dreidimensionalen Bauobjekts, umfassend:

Extrudieren eines Baumaterials durch einen Extrusionsschlitz (168) eines Extruderkörpers (160) einer Extruderanordnung (108); translatorisches Bewegen des Extruderkörpers (160) in einer horizontalen Ebene mit dem zumindest einen Stellglied (120), während Baumaterial extrudiert wird, um ein kontinuierliches Band aus Baumaterial zu bilden; Drehen des Extruderkörpers (160) um eine Drehachse mit dem zumindest einen Stellglied, während das Baumaterial extrudiert wird; und Bewegen zumindest eines Verschlusskörpers (204, 224, 228) über einen Teilbereich des Extrusionsschlitzes (168), indem ein Verschlussststellglied (208, 232) betätigt wird, um einen ersten Teilbereich des Extrusionsschlitzes (168) zu schließen und eine Breite des durch den Extrusionsschlitz (168) extrudierten Filaments zu reduzieren.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Positionieren des zumindest einen Verschlusskörpers (204, 224, 228) ein Betätigen des Verschlussststellglieds (208, 232) einschließt, um den Verschlusskörper (204, 224, 228) linear über den Extrusionsschlitz (168) zu bewegen.

6. Extruderanordnung (108) für ein System zum Drucken dreidimensionaler Objekte, umfassend: einen Extruderkörper (160) mit einem Extrusionsschlitz (168), um zu ermöglichen, dass ein kontinuierliches Filament eines Materials durch den Extrusionsschlitz (168) extrudiert wird; zumindest ein erstes Stellglied (120), das mit der Extruderanordnung (108) wirksam verbunden ist, wobei das zumindest eine erste Stellglied (120) dafür eingerichtet ist, den Extruderkörper (160) in einer horizontalen Ebene translatorisch zu bewegen; eine keilförmige Spannzange (286, 288); zumindest einen Verschlusskörper (224, 228, 282, 284), wobei der zumindest eine Verschlusskörper (282, 284) unter einem Winkel bezüglich einer vertikalen Achse angeordnet ist, welche parallel zu einer Drehachse (140) ist, und der zumindest eine Verschlusskörper (282, 284) schräg mit einer Oberfläche der ersten keilförmigen Spannzange (286, 288) in Kontakt steht; und ein zweites Stellglied (232, 292), das mit der keilförmigen Spannzange (286, 288) (286, 288) wirksam verbunden ist, wobei das zweite Stellglied (292) dafür eingerichtet ist, die keilförmige Spannzange (286, 288) selektiv vertikal zu bewegen, um den zumindest einen Verschlusskörper selektiv horizontal über den Extrusionsschlitz (168) zu bewegen, um einen ersten Teilbereich des Extrusionsschlitzes (168) zu schließen und eine Breite des durch den Extrusionsschlitz extrudierten Filaments zu reduzieren.

7. Extruderanordnung (108) nach Anspruch 6, wobei der zumindest eine Verschlusskörper ferner umfasst:

einen ersten Verschlusskörper (224); und einen zweiten Verschlusskörper (228), wobei der erste Verschlusskörper (224) und der zweite Verschlusskörper (228) mit dem zweiten Stellglied (232) wirksam verbunden sind; wobei das zweite Stellglied (232) ferner dafür eingerichtet ist, den ersten Verschlusskörper über den Extrusionsschlitz (168) zu bewegen, um den ersten Teilbereich des Extrusionsschlitzes (168) zu schließen, und den zweiten Verschlusskörper (228) über den Extrusionsschlitz (168) zu bewegen, um einen zweiten Teilbereich des Extrusionsschlitzes (168) zu schließen.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

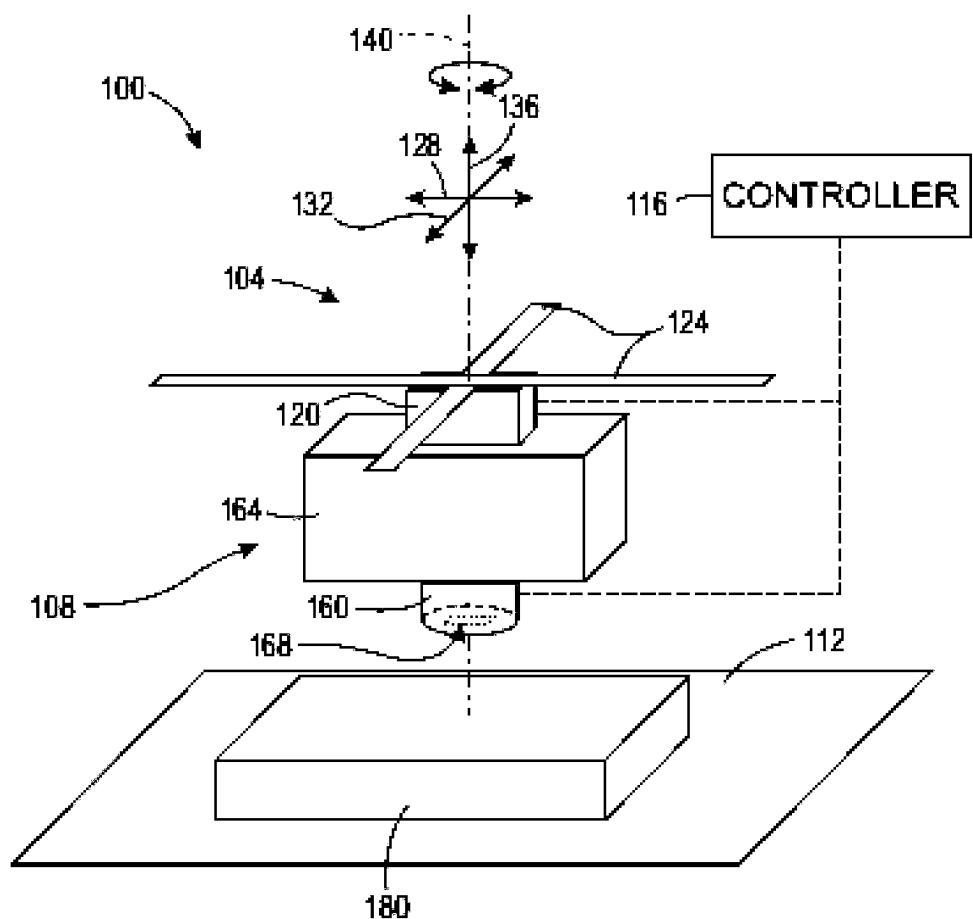


FIG. 1

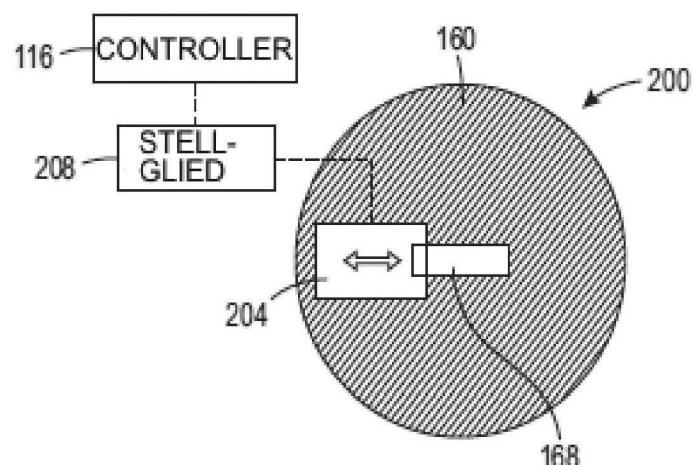


FIG. 2

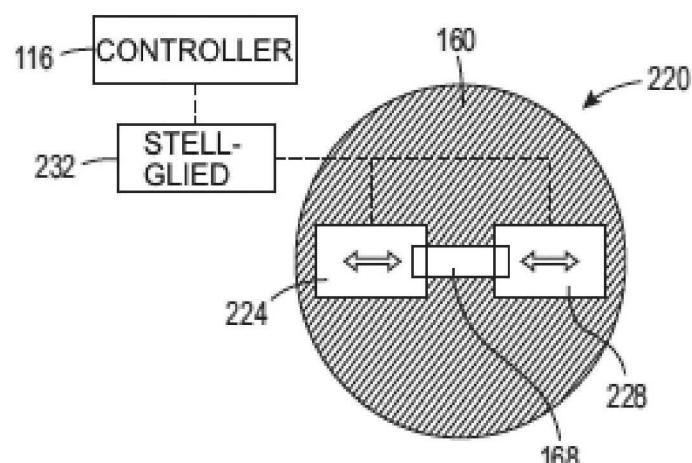


FIG. 3

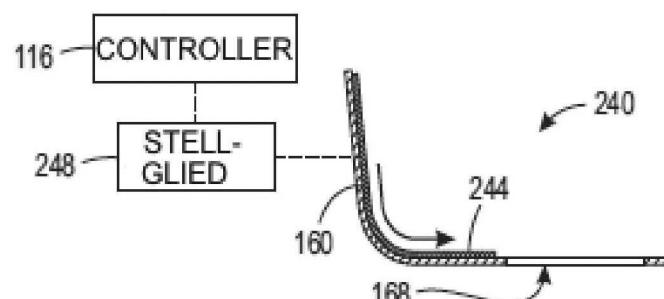


FIG. 4

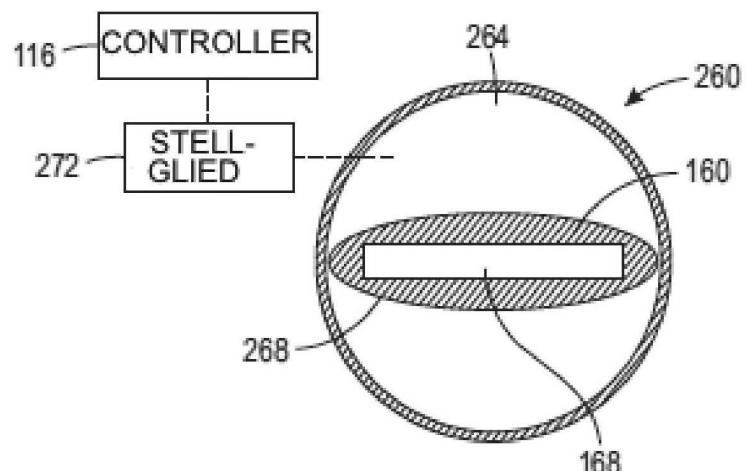


FIG. 5

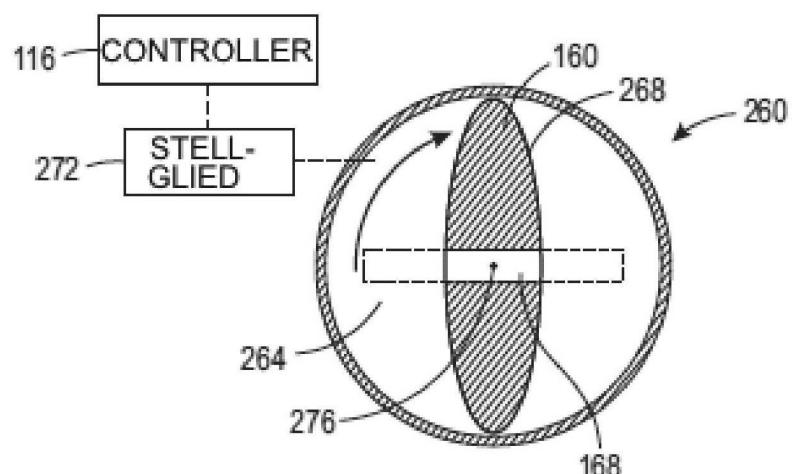


FIG. 6

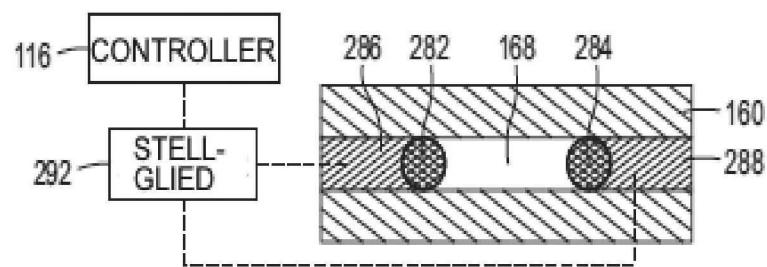


FIG. 7

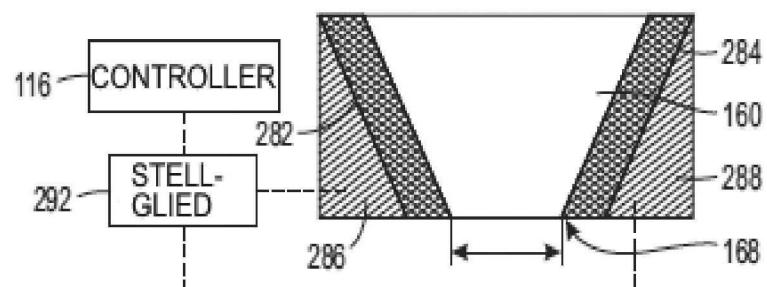


FIG. 8

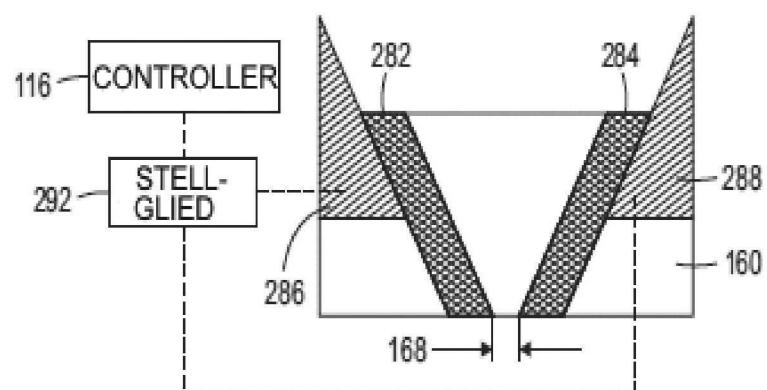


FIG. 9

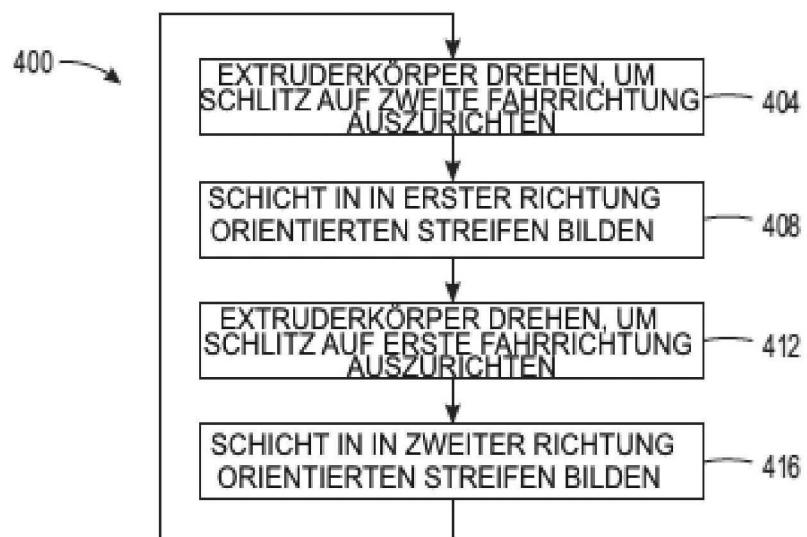


FIG. 10

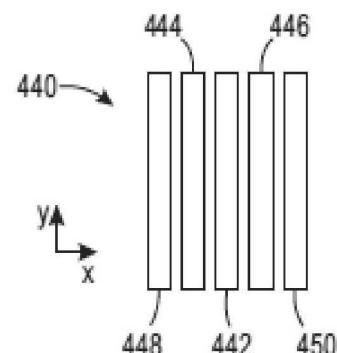


FIG. 11

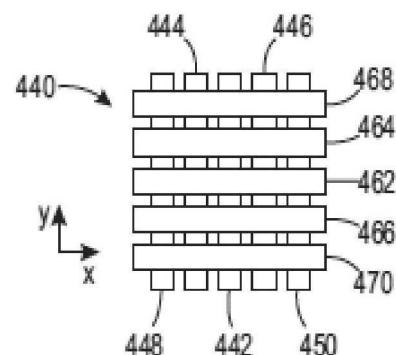


FIG. 12

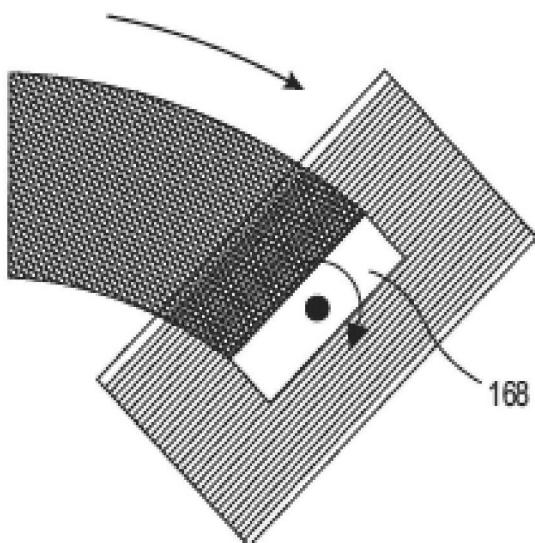


FIG. 13

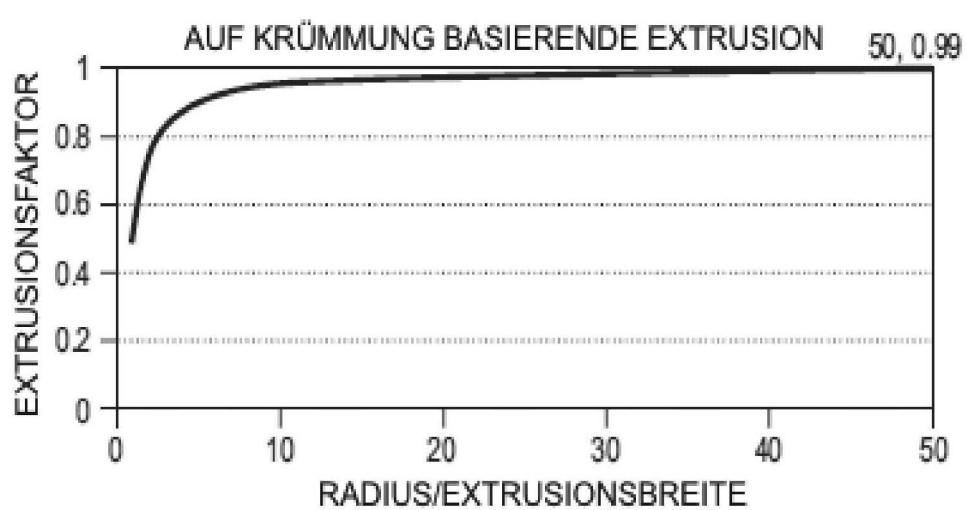


FIG. 14

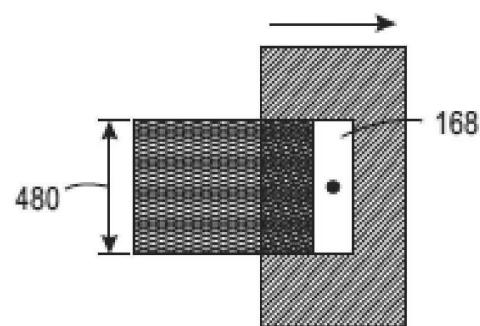


FIG. 15

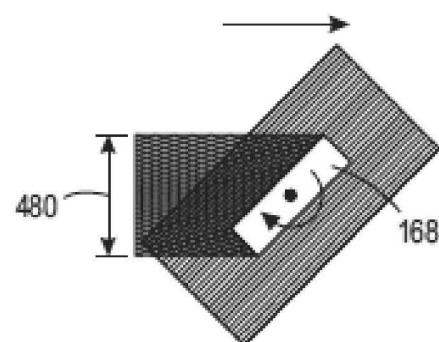


FIG. 16

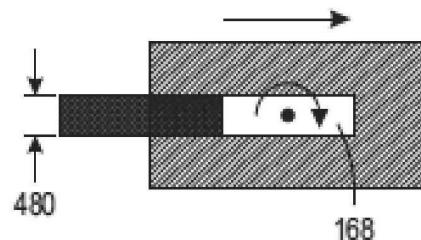


FIG. 17

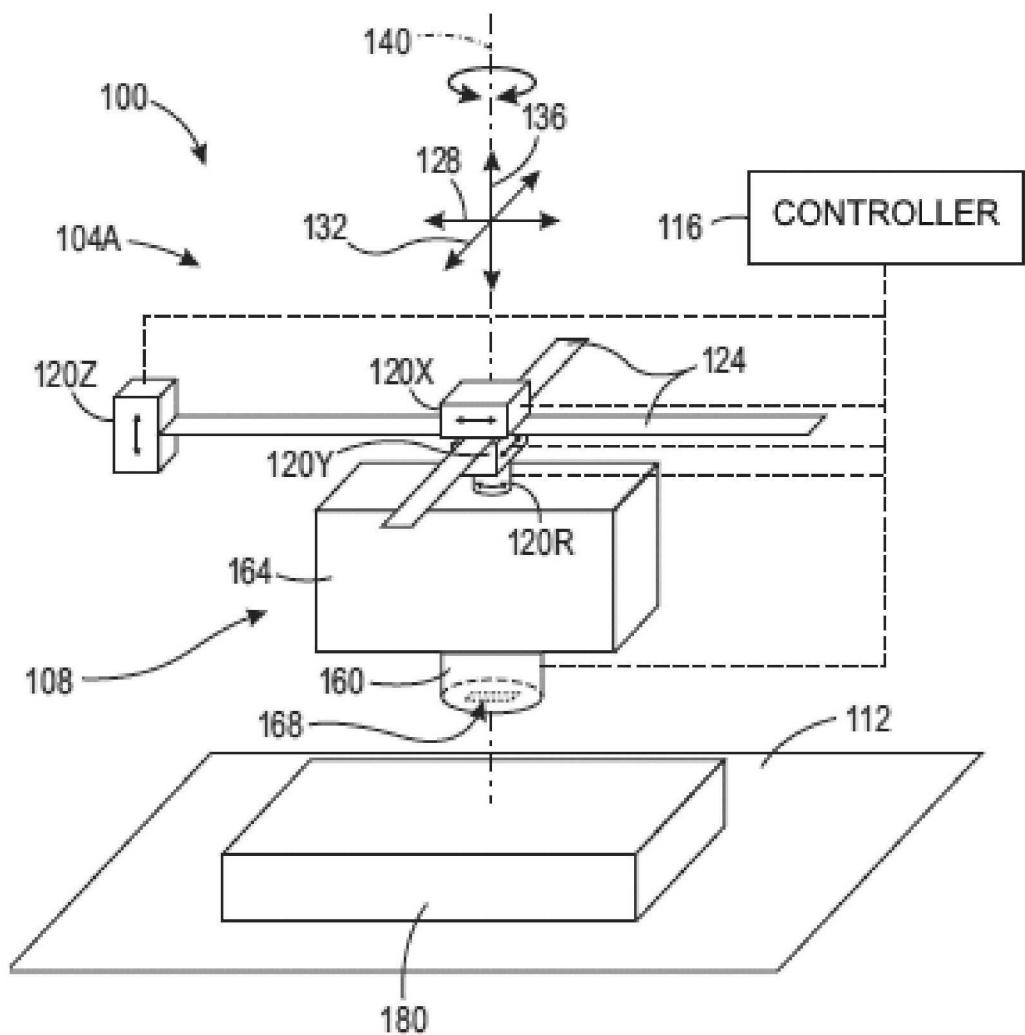


FIG. 18

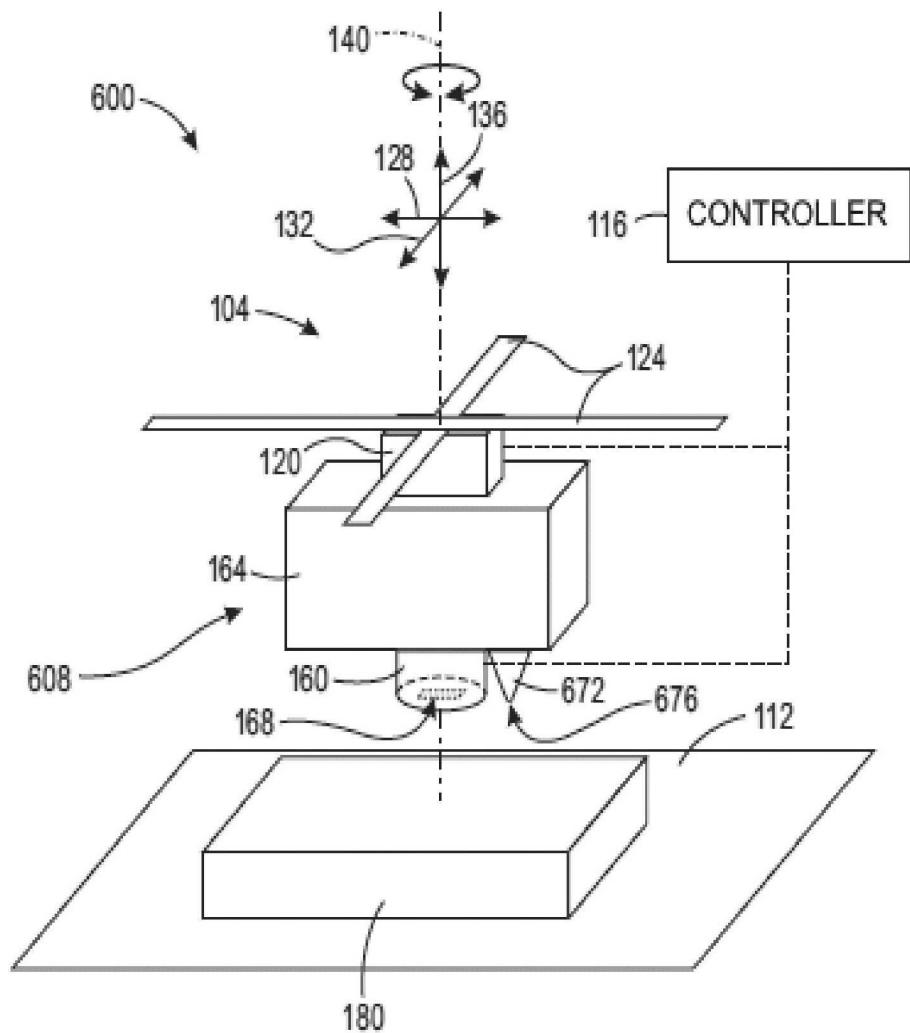


FIG. 19