



(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/165549**  
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2  
IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 001 246.8**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2018/021747**  
(86) PCT-Anmeldetag: **09.03.2018**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **13.09.2018**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **12.12.2019**

(51) Int Cl.: **B29C 64/268 (2017.01)**  
**B29C 64/153 (2017.01)**  
**G02B 5/09 (2006.01)**  
**B33Y 30/00 (2015.01)**

(30) Unionspriorität:  
**62/469,466**                    **09.03.2017**    **US**  
**15/811,533**                    **13.11.2017**    **US**  
**15/811,589**                    **13.11.2017**    **US**

(71) Anmelder:  
**Applied Materials, Inc., Santa Clara, Calif., US**

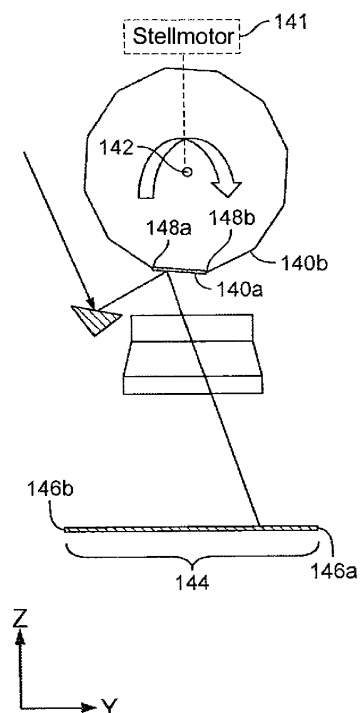
(72) Erfinder:  
**Ng, Hou T., Campbell, Calif., US; Patibandla, Nag  
B., Pleasanton, Calif., US; Joshi, Ajey M., San  
Jose, CA, US; Zehavi, Raanan, Sunnyvale, CA,  
US; Franklin, Jeffrey L., Santa Cruz, CA, US;  
Maqsood, Kashif, San Francisco, CA, US**

(74) Vertreter:  
**Zimmermann & Partner Patentanwälte mbB,  
80331 München, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Additive Fertigung mit Energieabgabesystem, das ein drehendes Polygon aufweist**

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung für die additive Fertigung umfasst eine Plattform, einen Dispenser zum Abgeben mehrerer Schichten an Zufuhrmaterial auf eine obere Fläche der Plattform und ein Energieabgabesystem. Das Energieabgabesystem umfasst eine Lichtquelle zum Emittieren von einem Lichtstrahl, und ein Reflexionselement, das mehrere Reflexionsfacetten aufweist. Das Reflexionselement ist in einem Pfad des Lichtstrahls zum Empfangen des Lichtstrahls und Umlenken des Lichtstrahls hin zur oberen Fläche der Plattform positioniert, um Energie an eine oberste Schicht der Schichten an Aufgabematerial abzugeben, um das Aufgabematerial zu verschmelzen. Das Reflexionselement ist so drehbar, dass aufeinander folgende Facetten den Lichtstrahl sequenziell entlang eines Pfads auf der obersten Schicht bewegen.



**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Diese Beschreibung bezieht sich auf ein Energieabgabesystem für die additive Fertigung, auch bekannt als 3D-Druck.

## TECHNISCHER HINTERGRUND

**[0002]** Die additive Fertigung (englisch: additive manufacturing; AM), auch bekannt als solide Freiformfabrikation oder 3D-Druck, bezieht sich auf einen Fertigungsprozess, bei dem dreidimensionale Objekte aus sukzessiver Abgabe von Rohmaterial (z. B. Pulver, Flüssigkeiten, Suspensionen oder geschmolzene Feststoffe) in zweidimensionalen Schichten aufgebaut werden. Im Gegensatz dazu umfassen traditionellen Bearbeitungstechniken subtraktive Verfahren, in denen Objekte aus einem Bestandsmaterial (z. B. einem Block Holz, Kunststoff oder Metall) geschnitten werden.

**[0003]** Eine Vielzahl additiver Verfahren kann in der additiven Fertigung verwendet werden. Einige Verfahren schmelzen oder weichen Material auf, um Schichten herzustellen, z. B. selektives Laserschmelzen (englisch: selective laser melting; SLM) oder Direktmetalllasersintern (englisch: direct metal laser sintering; DMLS), selektives Lasersintern (englisch: selective laser sintering; SLS), Schmelzschichtung (englisch: fused deposition modeling; FDM), während andere Flüssigmaterialien unter Verwendung verschiedener Technologien, wie etwa Stereolithographie (SLA), aushärten. Diese Verfahren können sich in der Art unterscheiden, in der die Schichten ausgebildet werden, um fertige Objekte zu erzeugen, und in den Materialien, die kompatibel für die Verwendung in den Prozessen sind.

**[0004]** Konventionelle Systeme verwenden eine Energiequelle zum Sintern oder Schmelzen eines gepulverten Materials. Wenn alle gewählten Stellen auf der ersten Schicht gesintert oder geschmolzen und dann wieder verfestigt sind, wird eine neue Schicht aus gepulvertem Material auf die fertiggestellte Schicht gebracht und der Prozess wird Schicht für Schicht wiederholt, bis das gewünschte Objekt produziert ist.

## ZUSAMMENFASSUNG

**[0005]** In einem Aspekt umfasst eine Vorrichtung für additive Fertigung eine Plattform, einen Dispenser zum Abgeben mehrerer Schichten an Zufuhrmaterial auf eine obere Fläche der Plattform und ein Energieabgabesystem. Das Energieabgabesystem umfasst eine Lichtquelle zum Emittieren eines Lichtstrahls und ein Reflexionselement, das mehrere Reflexionsfacetten aufweist. Das Reflexionselement ist in einem Pfad des Lichtstrahls zum Empfangen des Licht-

strahls und Umlenken des Lichtstrahls hin zur oberen Fläche der Plattform positioniert, um Energie an eine oberste Schicht der Schichten an Zufuhrmaterial abzugeben, um das Zufuhrmaterial zu verschmelzen. Das Reflexionselement ist so drehbar, dass aufeinander folgende Facetten den Lichtstrahl sequenziell entlang eines Pfads auf der obersten Schicht bewegen.

**[0006]** In einem weiteren Aspekt umfasst ein Verfahren zur additiven Fertigung das Abgeben mehrerer Schichten an Zufuhrmaterial auf eine obere Fläche einer Plattform, das Drehen eines Polygonspiegels, der mehrere Reflexionsfacetten aufweist, das Lenken eines Lichtstrahls von einer Lichtquelle hin zu dem Polygonspiegel und das Reflektieren des Lichtstrahls von dem Spiegel zum Zuführen von Energie an eine oberste Schicht der Schichten an Zufuhrmaterial, um das Zufuhrmaterial zu verschmelzen. Die Rotation des Polygonspiegels führt dazu, dass aufeinander folgende Facetten einer Vielzahl von Facetten den Lichtstrahl sequenziell entlang eines Pfads auf der obersten Schicht bewegen.

**[0007]** Ausführungen der Aspekte können eines oder mehrere der folgenden Merkmale enthalten.

**[0008]** Die Lichtquelle kann ein Laser sein, der zum Abgeben des Lichtstrahls in Richtung des Reflexionselements konfiguriert ist. Die Reflexionsfacetten können im Wesentlichen gleiche Längen aufweisen. Das Reflexionselement kann zwischen 4 und 30 Facetten umfassen. Das Reflexionselement kann ein Polygonspiegel sein, der ein regelmäßiges konvexes Polygon definiert. Der Pfad auf der obersten Schicht kann eine Linie auf der obersten Schicht sein. Die Linie kann sich über eine gesamte Breite eines Zufuhrmaterialabgabebereichs auf der Plattform erstrecken.

**[0009]** Ein Stellmotor kann funktionsfähig mit dem Reflexionselement verbunden sein. Der Stellmotor kann konfiguriert sein, das Reflexionselement ständig zu drehen, z. B. mit einer konstanten Geschwindigkeit zwischen 10 und 500 UpM, um den Lichtstrahl den Pfad entlang zu bewegen.

**[0010]** Das Reflexionselement kann an einem Träger montiert sein. Der Träger kann in einer horizontalen Richtung beweglich sein, die in einem Winkel von nicht Null relativ zu dem Pfad befindet, sodass eine Bewegung des Trägers den Pfad an aufeinander folgenden Orten auf der obersten Schicht entlang der horizontalen Richtung positioniert. Die horizontale Richtung kann rechtwinklig zu dem Pfad sein. Der Dispenser kann an den Träger montiert sein, um mit dem Reflexionselement zusammen beweglich zu sein und relativ zu ihm in einer festen Position zu stehen, um mehrere Schichten an Zufuhrmaterial auf eine obere Fläche der Plattform anzugeben. Der Dispenser kann konfiguriert sein, Zufuhrmaterial entlang

einer im Wesentlichen zu dem Pfad parallelen Linie abzugeben.

**[0011]** Ein Förderband kann die Plattform relativ zu dem Energieabgabesystem bewegen, sodass der Lichtstrahl entlang eines Profils entlang einer horizontalen Richtung abgegeben wird, die in einem Nicht-Null-Winkel relativ zu dem Pfad steht, sodass die Bewegung der Plattform den Pfad in der horizontalen Richtung an aufeinander folgenden Orten auf der obersten Schicht platziert. Die horizontale Richtung kann rechtwinklig zu dem Pfad sein.

**[0012]** Eine Steuereinheit kann konfiguriert sein, Daten in einem nichtflüchtigen computerlesbaren Medium zu speichern, wobei die Daten ein Muster definieren, und die Steuereinheit kann konfiguriert sein, selektiv die Lichtquelle zum Zuführen von Energie zu der obersten Schicht in dem Muster, das durch die Daten definiert ist, zu steuern, während das Reflexionselement ständig gedreht wird.

**[0013]** Das Reflexionselement kann an einem Träger montiert sein. Der Träger und die Plattform können relativ zu dem Energieabgabesystem beweglich sein, und das Muster kann einen ersten Satz paralleler Linien enthalten, jeweils mit einem Nicht-Null-Winkel zur horizontalen Achse. Der Satz parallele Linien kann rechtwinklig zur horizontalen Achse stehen. Die Steuereinheit kann dazu konfiguriert sein, dem Muster entsprechend die Lichtquelle zum Zuführen von Energie zu einem ersten Sektor der obersten Schicht zu steuern, und dann die Lichtquelle zum Zuführen von Energie zu einem zweiten Sektor der obersten Schicht zu steuern, wobei der zweite Sektor Ränder aufweist, die sich von den Rändern des ersten Sektors unterscheiden. Die Steuereinheit kann dazu konfiguriert sein, dem Muster entsprechend die Lichtquelle zum Zuführen von Energie entlang einer ersten Linie zu steuern, und die Lichtquelle zum Zuführen von Energie entlang einer zweiten Linie in einem Nicht-Null-Winkel zur ersten Linie zu steuern. Die Steuereinheit kann dazu konfiguriert sein, die Lichtquelle pulsieren zu lassen, während das Reflexionselement gedreht wird, sodass Energie an einen unterbrochenen Satz Voxel entlang einer ersten horizontalen Richtung abgegeben wird.

**[0014]** In einem weiteren Aspekt umfasst eine Vorrichtung für die additive Fertigung eine Plattform, einen Dispenser zum Abgeben mehrerer Schichten an Zufuhrmaterial auf eine obere Fläche der Plattform und eine Energieabgabebaugruppe. Die Energieabgabebaugruppe umfasst eine Lichtquelle zum Emittern von einem oder mehr Lichtstrahlen, ein erstes Reflexionselement, das mehrere Reflexionsfacetten aufweist, und mindestens ein zweites Reflexionselement. Das erste Reflexionselement ist in einem Pfad von mindestens einem der Lichtstrahlen zum Empfangen von mindestens einem Lichtstrahl und

Umlenken des Lichtstrahls hin zu der oberen Fläche der Plattform positioniert, um Energie an eine oberste Schicht der Schichten an Zufuhrmaterial abzugeben, um das Zufuhrmaterial zu verschmelzen. Das erste Reflexionselement ist so drehbar, dass aufeinander folgende Facetten den Lichtstrahl sequenziell entlang eines Pfads auf der obersten Schicht bewegen. Das mindestens eine zweite Reflexionselement umfasst mindestens eine zweite Reflexionsfläche, die zum Empfangen des mindestens einen der Lichtstrahlen in einem Pfad von mindestens einem der Lichtstrahlen platziert ist. Das mindestens eine zweite Reflexionselement ist beweglich, sodass die mindestens eine zweite Reflexionsfläche zum Empfangen von mindestens einem des mindestens einen Lichtstrahls und Umlenken von mindestens einem des mindestens einen Lichtstrahls entlang eines zweidimensionalen Pfads auf der obersten Schicht repositioniert werden kann.

**[0015]** Ausführungen der Aspekte können eines oder mehrere der folgenden Merkmale enthalten.

**[0016]** Die eine oder mehr Lichtquellen können ein oder mehr Laser sein, die zum Abgeben des Lichtstrahls in Richtung des Reflexionselements konfiguriert sind. Die Lichtquelle kann eine erste Lichtquelle enthalten, um einen ersten Lichtstrahl zu erzeugen, und eine zweite Lichtquelle, um einen zweiten Lichtstrahl zu erzeugen. Das erste Reflexionselement kann in dem Pfad des ersten Lichtstrahls positioniert sein, und das zweite Reflexionselement kann in dem Pfad des zweiten Lichtstrahls positioniert sein.

**[0017]** Die aufeinander folgenden Facetten können den Lichtstrahl sequenziell entlang eines linearen Pfads auf der obersten Schicht bewegen. Das erste Reflexionselement kann ein Polygonspiegel sein, der ein regelmäßig konvexes Polygon definiert. Das zweite Reflexionselement kann ein Spiegelgalvanometer sein. Das Spiegelgalvanometer kann eine erste einstellbare Reflexionsfläche umfassen, um den Lichtstrahl entlang einer ersten Richtung zu versetzen und eine zweite Reflexionsfläche, um den Lichtstrahl entlang einer zweiten Richtung rechtwinklig zur ersten Richtung zu versetzen. Das zweite Reflexionselement kann eine erste Reflexionsfläche enthalten, die zum Umlenken des Lichtstrahls entlang einer ersten horizontalen Richtung beweglich ist, und eine zweite Reflexionsfläche, die zum Umlenken des Lichtstrahls entlang einer zweiten horizontalen Richtung in einem Nicht-Null-Winkel gegenüber der ersten horizontalen Richtung beweglich ist.

**[0018]** Eine Steuereinheit kann konfiguriert sein, um Daten auf einem nichtflüchtigen computerlesbaren Medium zu speichern, wobei die Daten eine zu verschmelzende Region der obersten Schicht definieren. Die Steuereinheit kann konfiguriert sein, das erste Reflexionselement zu veranlassen, Energie zu ei-

nem Innenbereich der Region zuzuführen, und das zweite Reflexionselement veranlassen, Energie entlang einer Umgrenzung der Region zuzuführen. Die Energieabgabebaugruppe kann ein erstes Energieabgabesystem umfassen, das das erste Reflexionselement und eine erste Lichtquelle umfasst, sowie ein zweites Energieabgabesystem, das das zweite Reflexionselement und eine zweite Lichtquelle umfasst.

**[0019]** In einem weiteren Aspekt umfasst eine Vorrichtung für die additive Fertigung eine Plattform, einen Dispenser zum Abgeben mehrerer Schichten an Zufuhrmaterial auf eine obere Fläche der Plattform, ein erstes Energieabgabesystem und ein zweites Energieabgabesystem. Das erste Energieabgabesystem umfasst eine erste Lichtquelle zum Emittieren eines ersten Lichtstrahls, und ein erstes Reflexionselement, das mehrere Reflexionsfacetten aufweist. Das erste Reflexionselement ist in einem Pfad des ersten Lichtstrahls positioniert, um den ersten Lichtstrahl zu einem ersten Abschnitt der oberen Fläche der Plattform umzulenken, um Energie zu einer ersten Region einer obersten Schicht der Schichten an Zufuhrmaterial zuzuführen, um das Zufuhrmaterial in der ersten Region zu verschmelzen. Das erste Reflexionselement ist so drehbar, dass aufeinander folgende Facetten den ersten Lichtstrahl sequenziell entlang eines linearen ersten Pfads auf der obersten Schicht bewegen. Das zweite Energieabgabesystem umfasst eine zweite Lichtquelle zum Emittieren eines zweiten Lichtstrahls, und ein zweites Reflexionselement, das mehrere Reflexionsfacetten aufweist. Das zweite Reflexionselement ist in einem Pfad des zweiten Lichtstrahls positioniert, um den zweiten Lichtstrahl zu einem zweiten Abschnitt der oberen Fläche der Plattform umzulenken, um Energie zu einer zweiten Region der obersten Schicht der Schichten an Zufuhrmaterial zuzuführen, um das Zufuhrmaterial in der zweiten Region zu verschmelzen. Das zweite Reflexionselement ist so drehbar, dass aufeinander folgende Facetten den zweiten Lichtstrahl sequenziell entlang eines linearen zweiten Pfads auf der obersten Schicht bewegen.

**[0020]** Ausführungen der Aspekte können eines oder mehrere der folgenden Merkmale enthalten.

**[0021]** Das erste Energiesystem und das zweite Energiesystem können an einen Träger montiert sein, der relativ zur Plattform entlang einer ersten Richtung beweglich ist. Die erste Richtung kann in einem Nicht-Null-Winkel relativ zu dem linearen ersten Pfad und zu dem linearen zweiten Pfad sein. Der erste lineare Pfad und der zweite lineare Pfad können parallel sein. Die erste Richtung kann in einem rechten Winkel zu dem linearen ersten Pfad und zu dem linearen zweiten Pfad sein. Eine Kombination des ersten Pfads und des zweiten Pfads kann einen Arbeitsbereich der Plattform überspannen.

**[0022]** In einem weiteren Aspekt umfasst eine Vorrichtung für die additive Fertigung eine Plattform, einen Dispenser zum Abgeben mehrerer Schichten an Zufuhrmaterial auf eine obere Fläche der Plattform und eine Energieabgabebaugruppe. Die Energieabgabebaugruppe umfasst eine Lichtquelle zum Emittieren eines Lichtstrahls, ein erstes Reflexionselement, das mehrere Reflexionsfacetten aufweist, und ein zweites Reflexionselement, das mindestens eine zweite Reflexionsfläche aufweist, die in dem Pfad des Lichtstrahls positioniert ist. Das erste Reflexionselement ist in einem Pfad der Lichtstrahlen zum Empfangen des Lichtstrahls und Umlenken des Lichtstrahls hin zur oberen Fläche der Plattform positioniert, um Energie an eine oberste Schicht der Schichten an Zufuhrmaterial abzugeben, um das Zufuhrmaterial zu verschmelzen. Das erste Reflexionselement ist so drehbar, dass aufeinander folgende Facetten den Lichtstrahl sequenziell entlang eines linearen Pfads entlang einer ersten Richtung auf der obersten Schicht bewegen. Das zweite Reflexionselement ist beweglich, um den linearen Pfad entlang einer zweiten Richtung in einem Nicht-Null-Winkel zur ersten Richtung zu repositionieren.

**[0023]** Ausführungen der Aspekte können eines oder mehrere der folgenden Merkmale enthalten.

**[0024]** Das zweite Reflexionselement kann in dem Pfad des Lichtstrahls zwischen der Lichtquelle und dem ersten Reflexionselement positioniert sein. Das erste Reflexionselement kann ein Polygonspiegel sein, der ein regelmäßig konvexes Polygon definiert. Das zweite Reflexionselement kann ein Spiegelgalvanometer sein.

**[0025]** In einem weiteren Aspekt umfasst eine Vorrichtung für die additive Fertigung eine Plattform, einen Dispenser zum Abgeben mehrerer Schichten an Zufuhrmaterial auf eine obere Fläche der Plattform, ein Energieabgabesystem, und einen Stellmotor. Das Energieabgabesystem umfasst eine Lichtquelle zum Emittieren eines Lichtstrahls, und ein Reflexionselement, das mehrere Reflexionsfacetten aufweist, wobei das Reflexionselement in einem Pfad des Lichtstrahls zum Empfangen des Lichtstrahls und Umlenken des Lichtstrahls hin zur oberen Fläche der Plattform zum Zuführen von Energie an eine oberste Schicht der Schichten an Zufuhrmaterial positioniert werden kann, um das Zufuhrmaterial zu verschmelzen. Das Reflexionselement ist so drehbar, dass aufeinander folgende Facetten den Lichtstrahl sequenziell entlang eines linearen Pfads auf der obersten Schicht bewegen. Der Stellmotor ist konfiguriert, einen Winkel des linearen Pfads relativ zur Plattform anzupassen.

**[0026]** Ausführungen der Aspekte können eines oder mehrere der folgenden Merkmale enthalten.

**[0027]** Die Plattform kann drehbar sein und der Stellmotor kann mit der Plattform gekoppelt sein, um die Plattform zu drehen, um den Winkel des linearen Pfads relativ zur Plattform einzustellen.

**[0028]** Das Reflexionselement kann an einen drehbaren Träger montiert sein und das Reflexionselement ist um eine erste Achse drehbar, und der Stellmotor ist mit dem Träger gekoppelt, um den Träger um eine zweite Achse zu drehen, um den Winkel des linearen Pfads relativ zur Plattform anzupassen.

**[0029]** Eine Steuereinheit kann mit dem Energieabgabesystem und dem Stellmotor gekoppelt sein und kann konfiguriert sein, das Reflexionselement zu veranlassen, den Lichtstrahl während des Verschmelzens einer ersten Schicht des Zufuhrmaterials sequenziell entlang des linearen Pfads entlang einer ersten Richtung zu bewegen, um den Stellmotor zu aktivieren, um den Winkel des linearen Pfads anzupassen, und das Reflexionselement zu veranlassen, den Lichtstrahl während des Verschmelzens einer zweiten Schicht des Zufuhrmaterials sequenziell entlang des linearen Pfads entlang einer zweiten Richtung in einem Nicht-Null-Winkel relativ zur ersten Richtung zu bewegen. Die erste Richtung kann rechtwinklig zur zweiten Richtung sein. Das Energieabgabesystem kann auf einem Träger montiert sein, der relativ zur Plattform entlang einer dritten Richtung beweglich ist. Die dritte Richtung kann in einem Nicht-Null-Winkel relativ zu der ersten Richtung und zu der zweiten Richtung stehen.

**[0030]** Eine Steuereinheit, konfiguriert zur selektiven Steuerung der Lichtquelle, während das Reflexionselement gedreht wird, sodass der Lichtstrahl einer ersten Region der obersten Schicht zugeführt wird und nicht einer zweiten Region der obersten Schicht zugeführt wird, und die selektive Steuerung der Lichtquelle, während das Reflexionselement gedreht wird, sodass der Lichtstrahl der zweiten Region der obersten Schicht zugeführt wird und nicht der ersten Region der obersten Schicht zugeführt wird.

**[0031]** In einem weiteren Aspekt umfasst eine Vorrichtung für die additive Fertigung eine Plattform, einen Dispenser zum Abgeben mehrerer Schichten an Zufuhrmaterial auf eine obere Fläche der Plattform, ein Energieabgabesystem, einen Stellmotor und eine Steuereinheit. Das Energieabgabesystem umfasst eine Lichtquelle zum Emittieren eines Lichtstrahls, und ein Reflexionselement, das mehrere Reflexionsfacetten aufweist, wobei das Reflexionselement in einem Pfad des Lichtstrahls zum Empfangen des Lichtstrahls und Umlenken des Lichtstrahls hin zur oberen Fläche der Plattform zum Zuführen von Energie an eine oberste Schicht der Schichten an Zufuhrmaterial positioniert werden kann, um das Zufuhrmaterial zu verschmelzen. Das Reflexionselement ist so drehbar, dass aufeinander folgende Facetten den optischen

Pfad für den Lichtstrahl sequenziell entlang eines linearen ersten Pfads in einer ersten Richtung auf der obersten Schicht bewegen. Der Stellmotor ist konfiguriert, eine Position des linearen Pfads relativ zur Plattform anzupassen. Die Steuereinheit ist mit dem Stellmotor und der Lichtquelle gekoppelt und konfiguriert, selektiv die Lichtquelle zu steuern, während das Reflexionselement ständig gedreht wird, sodass sich eine Region des Auftreffens des Lichtstrahls entlang eines zweiten Pfads erstreckt, der durch Aktivierung des Lichtstrahls gebildet wird, wobei der zweite Pfad sich in einer zweiten Richtung in einem Nicht-Null-Winkel zur ersten Richtung erstreckt.

**[0032]** Ausführungen der Aspekte können eines oder mehrere der folgenden Merkmale enthalten.

**[0033]** Das Energieabgabesystem kann an einen Träger montiert sein, der relativ zur Plattform entlang einer dritten Richtung in einem Nicht-Null-Winkel zur ersten Richtung beweglich ist, und der Stellmotor ist mit dem Träger gekoppelt. Die dritte Richtung kann rechtwinklig zur ersten Richtung sein.

**[0034]** Ein zweites Reflexionselement, das mindestens eine zweite Reflexionsfläche umfasst, kann in dem Pfad des Lichtstrahls positioniert sein. Das zweite Reflexionselement kann durch den Stellmotor beweglich sein, um den linearen Pfad entlang einer dritten Richtung in einem Nicht-Null-Winkel zur ersten Richtung zu repositionieren. Die dritte Richtung ist rechtwinklig zur ersten Richtung.

**[0035]** Die Steuereinheit kann konfiguriert sein, die Region des Auftreffens des Lichtstrahls mehrere zweite Pfade durchlaufen zu lassen, wobei jeder zweite Pfad einen Abstand entlang einer vierten Richtung rechtwinklig zur zweiten Richtung aufweist. Die Vielzahl zweiter Pfade füllt eine Region auf der obersten Schicht zum Verschmelzen der Region aus. Während eines ersten Scanzeitraums werden darauf folgende, sequenziell an die zweite Vielzahl zweiter Pfade grenzende in der vierten Richtung durch mindestens ein Voxel getrennt. Die Steuereinheit kann konfiguriert sein, um selektiv die Lichtquelle zu steuern, sodass sich der zweite Pfad in die zweite Richtung erstreckt, wenn eine erste Schicht des Zufuhrmaterials verschmolzen wird, und selektiv die Lichtquelle zu steuern, sodass sich der zweite Pfad in einem Nicht-Null-Winkel relativ zur zweiten Richtung in die fünfte Richtung erstreckt, wenn eine zweite Schicht des Zufuhrmaterials verschmolzen wird.

**[0036]** In einem weiteren Aspekt umfasst ein Verfahren der additiven Fertigung das Abgeben mehrerer Schichten an Zufuhrmaterial auf eine obere Fläche einer Plattform, das Drehen eines Polygonspiegels, der mehrere Reflexionsfacetten aufweist, das Lenken eines Lichtstrahls von einer Lichtquelle an den Polygonspiegel und das Reflektieren des Lichtstrahls

von dem Spiegel zum Zuführen von Energie an eine oberste Schicht der Schichten an Zufuhrmaterial, um das Zufuhrmaterial zu verschmelzen, und selektiv die Lichtquelle zu steuern. Die Drehung des Polygonspiegels veranlasst aufeinander folgende Facetten aus einer Mehrzahl von Facetten dazu, einen optischen Pfad des Lichtstrahls sequenziell entlang eines linearen ersten Pfads in einer ersten Richtung auf der obersten Schicht zu bewegen. Die Lichtquelle wird selektiv gesteuert, während der Polygonspiegel ständig gedreht wird, sodass eine Region des Auftreffens des Lichtstrahls auf der äußersten Schicht, verursacht durch Aktivierung des Lichtstrahls einen linearen zweiten Pfad durchläuft, wobei sich der zweite Pfad in eine zweite Richtung in einem Nicht-Null-Winkel zur ersten Richtung erstreckt.

**[0037]** Ausführungen der Aspekte können eines oder mehrere der folgenden Merkmale enthalten.

**[0038]** Die Region des Auftreffens des Lichtstrahls kann eine Mehrzahl zweiter Pfade durchlaufen, wobei jeder zweite Pfad einen Abstand entlang einer vierten Richtung rechtwinklig zur zweiten Richtung aufweist. Die mehreren zweiten Pfade können eine Region auf der obersten Schicht füllen, um die Region zu verschmelzen. Die Lichtquelle kann selektiv bedient werden, sodass sich der zweite Pfad in die zweite Richtung erstreckt, während eine erste Schicht des Zufuhrmaterials verschmolzen wird, und selektiv bedient werden, sodass sich der zweite Pfad in eine dritte Richtung in einem Nicht-Null-Winkel relativ zur zweiten Richtung erstreckt, während eine zweite Schicht des Zufuhrmaterials verschmolzen wird.

**[0039]** Vorteile des obigen können unter anderem folgendes umfassen. Ein Energieabgabesystem nach dem vorhergehenden kann Energie einheitlicher den verschiedenen Abschnitten einer obersten Schicht an Zufuhrmaterial zuführen. Insbesondere kann die Verweilzeit des Lichtstrahls, der durch das Energieabgabesystem an jedes Voxel über die Schicht abgegeben wird, einheitlicher sein. Dies kann verhindern, dass aufgrund der Verzögerung, die für die Beschleunigung und Abbremsung des Reflexionselements benötigt wird, die durch das Energieabgabesystem abgegebene Energie in einer bestimmten Region der Schicht an Zufuhrmaterial konzentriert wird.

**[0040]** In manchen Fällen kann das Energieabgabesystem die Energie gleichmäßiger über die oberste Schicht Zufuhrmaterial verteilen, als Energieabgabesysteme, die auf die Beschleunigung und das Abbremsen eines Reflexionselements zum Zuführen von Energie zu verschiedenen Abschnitten der obersten Schicht Zufuhrmaterial angewiesen sind. Das Energieabgabesystem kann die Energieabgabeveränderung verringern, die durch Änderungen der Bewegung von Elementen des Energieabgabesystems

verursacht werden, die Lichtstrahlen zu einer Plattform der Vorrichtung für die additive Fertigung umlenken. Beispielsweise kann das Energieabgabesystem Energie einheitlich an Außenflächen der Objekte zuführen, die durch die Vorrichtung für die additive Fertigung geformt werden sollen, und das Innere der Objekte, die geformt werden sollen. Aufgrunddessen können die Flächen der Objekte weniger Oberflächenverformungen aufweisen als Objekte, die durch additive Fertigungsverfahren ausgebildet wurden, die Energie in einem Prozess abgeben, der längere Verweilzeiten umfasst, um Flächen der Objekte zu bilden. Des Weiteren sind weniger Nachbearbeitungsvorgänge notwendig, um eine gewünschte Oberflächenqualität für das zu bildende Objekt zu erreichen.

**[0041]** Die Einzelheiten einer oder mehrerer Ausführungen des Inhalts dieser Erfindung sind in den beiliegenden Zeichnungen und der folgenden Beschreibung dargelegt. Andere potenzielle Merkmale, Aspekte und Vorteile werden aus der Beschreibung, den Zeichnungen und den Ansprüchen offensichtlich.

#### Figurenliste

**Fig. 1A** und **Fig. 1B** sind schematische Seiten- und Draufsichten eines Beispiels einer Vorrichtung für die additive Fertigung.

**Fig. 2** ist eine perspektivische Ansicht eines Reflexionselements.

**Fig. 3A** bis **Fig. 3C** illustrieren einen Prozess des Scannens eines Lichtstrahls über eine Plattform.

**Fig. 4** ist eine Draufsicht einer Plattform, überlagert mit einem Scanmuster eines Lichtstrahls.

**Fig. 5A** und **Fig. 5B** sind Draufsichten von Plattformen, überlagert mit Beispielmustern der Energie, die den Plattformen zugeführt wird.

**Fig. 6A** und **Fig. 6B** sind schematische Seiten- bzw. Draufsichten eines anderen Beispiels einer Vorrichtung für die additive Fertigung.

**Fig. 7** ist eine schematische Seitenansicht eines Energieabgabesystems der Vorrichtung für die additive Fertigung aus **Fig. 6A**.

**Fig. 8A** bis **Fig. 8C** sind schematische Draufsichten weiterer Beispiele von Vorrichtungen für die additive Fertigung, die jeweils mehrere Energieabgabesysteme umfassen.

**Fig. 9A** bis **Fig. 9D** und **Fig. 10** illustrieren Beispiele von Prozessen zum Zuführen von Energie zu einer Plattform unter Verwendung verschiedener Muster der Energiezufuhr.

**[0042]** Gleiche Referenzziffern und Bezeichnungen in den unterschiedlichen Zeichnungen kennzeichnen gleiche Elemente.

## AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0043]** Bei vielen additiven Fertigungsprozessen wird Energie selektiv an eine Schicht Zufuhrmaterial zugeführt, die durch eine Vorrichtung für die additive Fertigung abgegeben wird, um das Zufuhrmaterial in einem Muster zu verschmelzen und damit einen Teil eines Objekts zu bilden. Beispielsweise kann ein Laserstrahl von zwei galvobetriebenen Spiegeln reflektiert werden, deren Positionen gesteuert werden, um den Laserstrahl in einer Vektorscanweise über die Schicht an Zufuhrmaterial zu fahren, wobei der Laserstrahl einen Vektorpfad in fortlaufender Weise verfolgt. Da die Reflexionselemente beschleunigt und abgebremst werden müssen, um den Ort des Laserstrahls zu steuern, ist die Verweilzeit des Laserstrahls möglicherweise nicht über die ganze Schicht hinweg einheitlich.

**[0044]** Ein Reflexionselement, das sich ständig in einer einzigen Richtung dreht, kann jedoch in Verbindung mit der Modulierung des Lichtstrahls verwendet werden, um zu steuern, wohin die Energie abgegeben wird. Die fortlaufende Bewegung des Reflexionselements kann die Anzahl von Verzögerungen verringern, die erforderlich sind, um den Lichtstrahl über das Zufuhrmaterial zu scannen, und damit den Durchsatz an Objekten erhöhen, die durch eine Vorrichtung für die additive Fertigung gefertigt werden, welche das Energieabgabesystem enthält.

**[0045]** Weiterhin kann das zu fertigende Objekt eine verbesserte Oberflächenqualität aufweisen, wenn Energie, die dem Zufuhrmaterial zugeführt wird, gleichmäßiger verteilt ist. Durch Zufuhr des Lichtstrahls durch Bauteile, die sich mit konstanten Geschwindigkeiten bewegen, z. B. konstanter Drehgeschwindigkeit, mit minimaler Beschleunigung und Abbremsung, kann das Energieabgabesystem die Einheitlichkeit der Verweilzeit des Lichtstrahls verbessern. Dies kann die Wahrscheinlichkeit der ungleichmäßigen Energieverteilung verringern.

## Beispielhafte additive Fertigungsvorrichtungen

**[0046]** Mit Verweis auf **Fig. 1A** und **Fig. 1B** umfasst ein Beispiel einer Vorrichtung für die additive Fertigung **100** eine Plattform **102**, einen Dispenser **104**, ein Energieabgabesystem **106** und eine Steuereinheit **108**. Während eines Vorgangs zur Formung eines Objekts gibt der Dispenser **104** nacheinander Schichten an Zufuhrmaterial **110** auf eine obere Fläche **112** der Plattform **102** ab. Das Energieabgabesystem **106** gibt einen Lichtstrahl **114** zum Zuführen von Energie an eine oberste Schicht **116** der Schichten an Zufuhrmaterial **110** ab, wodurch das Zufuhrmaterial **110** beispielsweise in einem gewünschten Muster verschmolzen wird, um das Objekt zu bilden. Die Steuereinheit **108** steuert den Dispenser **104** und das Energieabgabesystem **106** um die Abgabe des

Zufuhrmaterials **110** und die Zufuhr der Energie zu den Schichten an Zufuhrmaterial **110** zu kontrollieren. Die sukzessive Zufuhr von Zufuhrmaterial und das Verschmelzen des Zufuhrmaterials in jeder der nacheinander abgegebenen Schichten führt zur Bildung des Objekts.

**[0047]** Wie hierin bezüglich **Fig. 2** und **Fig. 3A** bis **Fig. 3C** beschrieben, umfasst das Energieabgabesystem **106** eine Lichtquelle **120** zum Abgeben eines Lichtstrahls **114**. Das Energieabgabesystem **106** umfasst ferner ein Reflexionselement **118**, das drehbar ist und den Lichtstrahl **114** zu der obersten Schicht **116** hin umlenkt. Das Reflexionselement **118** ist drehbar, um den Lichtstrahl **114** entlang eines Pfads, z. B. eines linearen Pfads, auf der obersten Schicht **116** zu bewegen. In Verbindung mit der relativen Bewegung des Energieabgabesystems **106** und der Plattform **102**, oder Ablenkung des Lichtstrahls **114** durch einen anderen Reflektor, z. B. einen galvobetriebenen Spiegel, kann eine Abfolge von Bewegungen entlang des Pfads durch den Lichtstrahl **114** einen Raster-scan des Lichtstrahls **114** über die oberste Schicht **116** erzeugen.

**[0048]** Während der Lichtstrahl **114** sich den Pfad entlang bewegt, wird der Lichtstrahl **114** moduliert, z. B. indem die Lichtquelle **120** veranlasst wird, den Lichtstrahl **114** ein und aus zu schalten, um Energie zu gewählten Regionen der Schichten an Zufuhrmaterial **110** zuzuführen und das Material in den gewählten Regionen zu verschmelzen, um das Objekt dem gewünschten Muster entsprechend zu bilden.

**[0049]** In manchen Ausführungen umfasst die Lichtquelle **120** einen Laser, der zum Ausstrahlen des Lichtstrahls **114** in Richtung des Reflexionselements **118** konfiguriert ist. Das Reflexionselement **118** kann in einem Pfad des durch die Lichtquelle **120** ausgestrahlten Lichtstrahls **114** positioniert werden, so dass eine Reflexionsfläche des Reflexionselements **118** den Lichtstrahl **114** aufnimmt. Das Reflexionselement **118** lenkt dann den Lichtstrahl **114** zu der oberen Fläche der Plattform **102** hin um, um Energie an eine oberste Schicht **116** der Schichten an Zufuhrmaterial **110** zuzuführen, um das Zufuhrmaterial **110** zu verschmelzen. Beispielsweise reflektiert die Reflexionsfläche des Reflexionselements **118** den Lichtstrahl **114**, um den Lichtstrahl **114** auf die Plattform **102** umzulenken.

**[0050]** In manchen Ausführungen ist das Energieabgabesystem **106** an einen Träger **122** montiert, der das Energieabgabesystem **106** über der Plattform **102** hält. In manchen Fällen ist der Träger **122** (und das Energieabgabesystem **106**, das an den Träger **122** montiert ist) relativ zur Plattform **102** drehbar. In manchen Ausführungen ist der Träger **122** an einen anderen Träger **124** montiert, der über der Plattform **102** angeordnet ist. Der Träger **124** kann ein Gerüst

sein, das die Energieversorgungs- und Abgabesysteme der Vorrichtung für die additive Fertigung **100** über der Plattform **102** hält.

**[0051]** In manchen Fällen ist der Träger **122** drehbar an den Träger **124** montiert. Das Reflexionselement **118** wird gedreht, wenn der Träger **122** gedreht wird, z. B. relativ zu dem Träger **124**, und orientiert damit den Pfad des Lichtstrahls **114** auf der obersten Schicht **116** um. Beispielsweise kann das Energieabgabesystem **106** um eine Achse drehbar sein, die sich vertikal von der Plattform **102** weg erstreckt, z. B. eine Achse parallel zur Z-Achse, zwischen der Z-Achse und der X-Achse, und/oder zwischen der Z-Achse und der Y-Achse. Eine solche Drehung kann die Azimutrichtung des Pfads des Lichtstrahls **114** entlang der X-Y-Ebene ändern, d. h. über die oberste Schicht **116** an Zufuhrmaterial.

**[0052]** Ein Druckkopf **126** kann den Träger **122** enthalten. Der Druckkopf **126** ist oberhalb der Plattform **102** angeordnet und kann entlang einer oder mehrerer horizontaler Richtungen relativ zur Plattform **102** repositioniert werden. Die verschiedenen Systeme, die an dem Druckkopf **126** montiert sind, können modulare Systeme sein, deren horizontale Position oberhalb der Plattform **102** durch eine horizontale Position des Druckkopfs **126** relativ zur Plattform **102** gesteuert wird. Beispielsweise kann der Druckkopf **126** an dem Träger **124** montiert sein und der Träger **124** kann beweglich sein, um den Druckkopf **126** zu repositionieren.

**[0053]** In manchen Ausführungen umfasst ein Stellmotorsystem **128** einen oder mehrere Stellmotoren, die in die Systeme eingreifen, die am Druckkopf **126** montiert sind. In manchen Ausführungen überspannen der Druckkopf **126** und die enthaltenen Systeme nicht die Betriebsbreite der Plattform **102**. In diesem Fall ist das Stellmotorsystem **128** steuerbar, das System über den Träger **124** zu fahren, sodass der Druckkopf **126** und jedes der am Druckkopf **126** montierten Systeme die Y-Achse entlang bewegt werden können. In manchen Ausführungen (dargestellt in **Fig. 1B**) überspannen der Druckkopf **126** und die enthaltenen Systeme die Betriebsbreite der Plattform **102** und eine Bewegung entlang der Y-Achse ist nicht notwendig.

**[0054]** Für eine Bewegung entlang der X-Achse umfasst in manchen Fällen die Vorrichtung **100** ferner einen Stellmotor **130**, der dazu konfiguriert ist, den Druckkopf **126** und den Träger **124** in ihrer Gesamtheit relativ zur Plattform **102** entlang der X-Achse zu verfahren. Alternativ oder zusätzlich dazu umfasst die Vorrichtung **100** ein Förderband **132**, auf dem sich die Plattform **102** befindet. Das Förderband **132** wird angetrieben, um die Plattform **102** entlang der X-Achse relativ zum Druckkopf **126** zu bewegen.

**[0055]** Der Stellmotor **130** und/oder das Förderband **132** bewirken eine relative Bewegung zwischen der Plattform **102** und dem Träger **124**, sodass der Träger **124** sich in einer Vorwärtsrichtung **133** relativ zur Plattform **102** vorwärtsbewegt. Der Dispenser **104** kann entlang des Trägers **124** vor dem Energieabgabesystem **106** positioniert sein, sodass Zufuhrmaterial **110** zuerst abgegeben werden kann, und das zuvor abgegebene Zufuhrmaterial kann dann durch Energie gehärtet werden, die durch das Energieabgabesystem **106** zugeführt wird, wenn der Träger **124** relativ zur Plattform **102** vorwärtsbewegt wird. Der Dispenser kann konfiguriert sein, Zufuhrmaterial entlang einer Linie abzugeben, die die Plattform **102** überspannt. Wie in **Fig. 1B** dargestellt, kann sich der Dispenser **104** z. B. entlang der Y-Achse erstrecken, sodass das Zufuhrmaterial entlang einer Linie abgegeben wird, z. B. entlang der Y-Achse, also rechtwinklig zur Richtung der Bewegung des Trägers **124**, z. B. rechtwinklig zur X-Achse. So kann, während sich der Träger **124** weiter vorwärts bewegt, Zufuhrmaterial über die gesamte Plattform **102** hinweg abgegeben werden.

**[0056]** In manchen Fällen ist die Plattform **102** eine von mehreren Plattformen **102a**, **102b**, **102c**. Relative Bewegung des Trägers **124** und der Plattformen **102a-102c** ermöglicht die Repositionierung der Systeme des Druckkopfs **126** oberhalb jeglicher der Plattformen **102a** bis **102c**, und erlaubt damit die Abgabe von Zufuhrmaterial und das Verschmelzen auf jeder der Plattformen **102a**, **102c** zum Bilden mehrerer Objekte.

**[0057]** In manchen Ausführungen umfasst die Vorrichtung für die additive Fertigung **100** ein Großflächen-Energieabgabesystem **134**. Beispielsweise führt, im Gegensatz zur Energiezufuhr durch das Energieabgabesystem **106** entlang eines Pfads auf der obersten Schicht **116** an Zufuhrmaterial, das Großflächen-Energieabgabesystem **134** Energie einer vordefinierten Fläche der obersten Schicht **116** zu. Das Großflächen-Energieabgabesystem **134** kann eine Heizlampe umfassen, die bei Aktivierung die Energie zu einem vorgegebenen Bereich innerhalb der obersten Schicht **116** an Zufuhrmaterial **110** zuführt.

**[0058]** Das Großflächen-Energieabgabesystem **134** ist vor oder hinter dem Energieabgabesystem **106**, z. B. relativ zu der Vorwärtsrichtung **133**, angeordnet. Das Großflächen-Energieabgabesystem **134** kann beispielsweise vor dem Energieabgabesystem **106** angeordnet sein, um Energie direkt nach dem Abgeben des Zufuhrmaterials **110** durch den Dispenser **104** zuzuführen. Diese anfängliche Energiezufuhr durch das Großflächen-Energieabgabesystem **134** kann das Zufuhrmaterial **110** stabilisieren, im Vorfeld der Energiezufuhr durch das Energieabgabesystem **106**, um das Zufuhrmaterial **110** zu verschmelzen, um das Objekt zu bilden.



**[0059]** Alternativ kann das Großflächen-Energieabgabesystem **134** beispielsweise hinter dem Energieabgabesystem **106** angeordnet sein, um Energie zuzuführen, direkt nachdem das Energieabgabesystem **106** Energie zu dem Zufuhrmaterial **110** zuführt. Diese nachfolgende Energiezufuhr durch das Großflächen-Energieabgabesystem **134** kann das Abkühltemperaturprofil des Zufuhrmaterials steuern, und damit eine verbesserte Einheitlichkeit der Härtung bieten. In manchen Fällen ist das Großflächen-Energieabgabesystem **134** ein erstes aus einer Mehrzahl von Großflächen-Energieabgabesystemen **134a**, **134b**, wobei das Großflächen-Energieabgabesystem **134a** hinter dem Energieabgabesystem **106** angeordnet ist und das Großflächen-Energieabgabesystem **134b** vor dem Energieabgabesystem **106** angeordnet ist.

**[0060]** Wahlweise umfasst die Vorrichtung **100** ein erstes Messfühlersystem **136a** und/oder ein zweites Messfühlersystem **136b** zum Erkennen von Eigenschaften, z. B. Temperatur, Dichte und Material, der Schicht **106**, sowie des Pulvers, das von dem Dispenser **104** abgegeben wird. Die Steuereinheit **108** kann die Vorgänge des Energieabgabesystems **106**, des Dispensers **104**, und, wenn vorhanden, aller anderen Systeme der Vorrichtung **100** koordinieren. In manchen Fällen kann die Steuereinheit **108** ein Benutzereingabesignal an einer Benutzerschnittstelle der Vorrichtung oder Messfühlersignale von den Messfühlersystemen **136a**, **136b** der Vorrichtung **100** empfangen, und das Energieabgabesystem **106** und den Dispenser **104** auf diesen Signalen basierend steuern.

**[0061]** Wahlweise kann die Vorrichtung **100** auch einen Verteiler **138** umfassen, z. B. eine Rolle oder Klinge, der zuerst mit dem Dispenser **104** zusammenarbeitet, um Zufuhrmaterial **110**, das durch den Dispenser **104** abgegeben wird, zu verdichten und/oder zu verteilen. Der Verteiler **138** kann die Schicht mit einer im Wesentlichen einheitlichen Dicke bereitstellen. In manchen Fällen kann der Verteiler **138** auf die Schicht an Zufuhrmaterial **110** drücken, um das Zufuhrmaterial **110** zu verdichten. Der Verteiler **138** kann am Träger **124** aufgehängt sein, z. B. an dem Druckkopf **126**, oder getrennt von dem Druckkopf **126** aufgehängt sein.

**[0062]** In manchen Ausführungen umfasst der Dispenser **104** mehrere Dispenser **104a**, **104b**, und das Zufuhrmaterial **110** umfasst mehrere Arten von Zufuhrmaterial **110a**, **110b**. Ein erster Dispenser **104a** gibt das erste Zufuhrmaterial **110a** ab, während ein zweiter Dispenser **104b** das zweite Zufuhrmaterial **110b** abgibt. Wenn vorhanden, ermöglicht der zweite Dispenser **104b** die Zufuhr eines zweiten Zufuhrmaterials **110b** mit Eigenschaften, die sich von denen des ersten Zufuhrmaterials **110a** unterscheiden. Beispielsweise können sich das erste Zufuhrmaterial

**110a** und das zweite Zufuhrmaterial **110b** in der Materialzusammensetzung oder durchschnittlichen Partikelgröße unterscheiden.

**[0063]** In manchen Ausführungen können die Partikel des ersten Zufuhrmaterials **110a** einen größeren durchschnittlichen Durchmesser aufweisen als die Partikel des zweiten Zufuhrmaterials **110b**, z. B. um einen Faktor von zwei oder mehr. Wenn das zweite Zufuhrmaterial **110b** auf einer Schicht des ersten Zufuhrmaterials **110a** abgegeben wird, infiltriert das zweite Zufuhrmaterial **110b** die Schicht des ersten Zufuhrmaterials **110a** zum Füllen von Hohlräumen zwischen Partikeln des ersten Zufuhrmaterials **110a**. Das zweite Zufuhrmaterial **110b**, das eine kleinere Partikelgröße als das erste Zufuhrmaterial **110a** aufweist, kann eine höhere Auflösung erreichen.

**[0064]** In manchen Fällen umfasst der Verteiler **138** mehrere Verteiler **138a**, **138b**, wobei der erste Verteiler **138a** mit dem ersten Dispenser **104a** betrieben werden kann, um das erste Zufuhrmaterial **110a** zu verteilen und zu verdichten, und der zweite Verteiler **138b** mit dem zweiten Dispenser **104b** betrieben werden kann, um das zweite Zufuhrmaterial **110b** zu verteilen und zu verdichten.

**[0065]** Mit Verweis auf **Fig. 2** weist das Reflexionselement **118** mehrere Reflexionsfacetten **140** auf, die jeweils eine Reflexionsfläche aufweisen, die empfangenes Licht reflektiert, z. B. den Lichtstrahl **114**. Das Reflexionselement **118** umfasst einen Polygonspiegel. Die Reflexionsfacetten **140** definieren ein entsprechendes Segment des Polygons, wobei die Reflexionsfacetten **140** an Scheitelpunkten des Polygons verbunden sind. In dieser Hinsicht bildet jede der Reflexionsfacetten **140** eine fortlaufende Schleife um eine Drehachse **142** des Reflexionselements **118**. Infolgedessen ermöglicht die Drehung des Reflexionselements **118** um die Drehachse **142**, dass verschiedene Reflexionsflächen, z. B. die Reflexionsfacetten **140**, sequenziell den Lichtstrahl **114** empfangen. Die Drehung ermöglicht auch, dass verschiedene Abschnitte der Reflexionsfacetten **140** den Lichtstrahl **114** empfangen.

**[0066]** Die Reflexionsflächen der Reflexionsfacetten **140** sind in manchen Ausführungen im Wesentlichen ebene Flächen. In diesem Fall definieren die Reflexionsfacetten **140** ein regelmäßig konvexes Polygon. In manchen Ausführungen sind die Reflexionsflächen konvex oder konkav. In diesem Fall können die Reflexionsfacetten **140** ein Reuleaux-Polygon definieren, das Seiten mit einer konstanten Biegung aufweist, z. B. einer konkaven oder konvexen Biegung. Die Reflexionsfacetten **140** weisen im Wesentlichen gleiche Längen auf. Beispielsweise weist jede der Reflexionsfacetten **140** eine Länge zwischen 20 und 60 mm auf. Die Anzahl der Reflexionsfacetten **140** liegt etwa zwischen vier und dreißig.

**[0067]** Mit Verweis auf **Fig. 3A** bis **Fig. 3C** variiert der Ort, an dem der Lichtstrahl **114** auf eine Reflexionsfacette des Reflexionselements **118** fällt, mit der Drehung des Reflexionselements **118** um die Drehachse **142**. Die Drehachse **142** ist in manchen Fällen parallel zur X-Achse. Das Reflexionselement **118** kann sich bei Drehung um die Drehachse **142** ohne eine Änderung eines Orts entlang der X-Achse oder entlang der Y-Achse relativ zum Träger **122** drehen.

**[0068]** Die relativen Positionen und Abmessungen des Reflexionselements **118** in Verbindung mit der Projektionsoptik können so sein, dass die Drehung des Elements **118** dazu führt, dass jede Facette **140** den Lichtstrahl **114** über eine gesamte Breite des Zufuhrmaterialzufuhrbereichs **129** bewegt, z. B. entlang der Y-Achse. Beispielsweise, sofern die Reflexionsfacette **140** ein Segment eines regelmäßig konvexen Polygons definiert, wird, da sich der Ort, an dem der Lichtstrahl **114** auf die Facette **140** trifft, von einem Scheitelpunkt zum nächsten Scheitelpunkt bewegt, der Lichtstrahl **114** einen Pfad auf der obersten Schicht **116** entlang von einem Ende **146a** einer Region **144** des Zufuhrmaterialzufuhrbereichs **129** zu einem anderen Ende **146b** der Region **144** des Zufuhrmaterialzufuhrbereichs **129**, z. B. entlang der Y-Achse, bewegt.

**[0069]** In manchen Fällen erstreckt sich die Region über die gesamte Breite des Zufuhrmaterialzufuhrbereichs **129**. Alternativ erstreckt sich, wie hierin beschrieben, die Region über einen Abschnitt der Breite des Zufuhrmaterialzufuhrbereichs **129**. Das Reflexionselement **118** kann repositioniert werden, um zu ermöglichen, dass die Energie über die gesamte Breite des Zufuhrmaterialzufuhrbereichs **129** abgegeben wird.

**[0070]** In manchen Beispielen umfasst das Energieabgabesystem **106** einen Drehstellmotor **141**, der betriebsmäßig mit dem Reflexionselement **118** verbunden ist. Der Stellmotor **141** wird angetrieben, um das Reflexionselement **118** um die Drehachse **142** zu drehen.

**[0071]** Die Steuereinheit **120** kann konfiguriert sein, den Stellmotor **141** zu veranlassen, sich während der Bearbeitung einer Schicht des Zufuhrmaterials ständig zu drehen. Dadurch bewegt das Reflexionselement **118** wiederholt den Lichtstrahl **114** den Pfad auf der obersten Schicht **116** des Zufuhrmaterials **110** entlang. Der Stellmotor **141** ist konfiguriert, das Reflexionselement **118** mit einer ständigen Geschwindigkeit zwischen 10 und 500 UpM (abhängig vom Durchmesser und der Anzahl der Facetten des Polygons) zu drehen. Der Stellmotor **141** kann sich mit einem Tempo drehen, das es dem Lichtstrahl **114** erlaubt, sich innerhalb von 1 bis 500 Millisekunden über eine Reflexionsfacette **140** zu bewegen.

**[0072]** Mit Verweis auf **Fig. 4** wird in manchen Ausführungen das Reflexionselement **118** zwischen aufeinander folgenden Reflexionsfacetten **140a**, **140b** relativ zur Plattform **102**, z. B. entlang der X-Achse, vorwärtsbewegt. Als Ergebnis davon wird der Lichtstrahl **114** einen ersten Pfad **150a** auf der obersten Schicht **116** entlang bewegt, wenn der Lichtstrahl **114** über die erste Reflexionsfacette **140a** bewegt wird, und der Lichtstrahl **114** wird einen zweiten Pfad **150b** entlang bewegt, wenn der Lichtstrahl **114** über die zweite Reflexionsfacette **140b** bewegt wird. Die Pfade **150a**, **150b** können parallel sein. Der zweite Pfad **150b** des Lichtstrahls **114** weist entlang der X-Achse einen Abstand von dem ersten Pfad **150a** des Lichtstrahls **114** auf. Jede Reflexionsfacette **140** kann sich so entlang eines eindeutigen Pfads in der Region **144** über der Plattform **102** entlang bewegen, um verschiedene Abschnitte des abgegebenen Zufuhrmaterials **110** zu verschmelzen.

**[0073]** Wenn der Stellmotor **141** gedreht wird, scannt der Lichtstrahl **114** in einer ersten horizontalen Richtung, z. B. einer Scanrichtung **152**. Beispielsweise wird das Reflexionselement **118** ständig relativ zur Plattform **102** entlang der X-Achse vorwärtsbewegt, wenn das Reflexionselement **118** gedreht wird. Als Ergebnis davon können der Pfad **150a**, **150b** parallel sein und aufgrund der Bewegung des Reflexionselements **118** relativ zur Plattform **102** in der Vorwärtsrichtung **133** relativ zur Y-Achse abgewinkelt sein. Das Reflexionselement **118** kann relativ zur Plattform **102** z. B. durch Drehung des Trägers **122** gedreht werden, um einen Winkel des Pfads **150a**, **150b** relativ zur X-Achse auszugleichen.

**[0074]** In manchen Ausführungen wird der Stellmotor **130** betrieben, um den Träger **122** vorwärtszubewegen und damit das Reflexionselement **118** in der Vorwärtsrichtung **133** vorwärtszubewegen. Der Träger **122** ist in einer horizontalen Richtung, z. B. der Vorwärtsrichtung **133**, beweglich, die in einem Nicht-Null-Winkel relativ zu einem Pfad **150** steht, der durch den Lichtstrahl **114** abgetastet wird. In manchen Fällen ist die Vorwärtsrichtung **133** rechtwinklig zu dem Pfad **150**. Alternativ bildet die Vorwärtsrichtung **133** einen Winkel mit dem Pfad **150**, der kleiner ist als 90 Grad. Der Winkel kann größer als 45 Grad sein. Während es zwar als durch Betrieb des Stellmotors **130** vorwärts bewegt beschrieben ist, wird das Reflexionselement **118** in manchen Fällen relativ zur Plattform **102** (und damit relativ zur Region **144**) durch Betrieb des Förderbands **132** vorwärtsbewegt.

**[0075]** In manchen Ausführungen bildet ein Pfad **150** des Lichtstrahls **114**, der entlang der obersten Schicht **116** an Zufuhrmaterial **110** bewegt wird, eine Linie, z. B. eine gerade Linie, auf der obersten Schicht **116**. Der Pfad **150** umfasst beispielsweise eine fortlaufende Linie, die sich von dem ersten Ende **146a** zum zweiten Ende **146b** der Region **144** erstreckt.

Wenn die Region **144** dem Zufuhrmaterialzufuhrbereich **129** entspricht, kann die Linie sich über eine gesamte Breite des Zufuhrmaterialzufuhrbereichs **129** auf der Plattform **102** erstrecken.

**[0076]** Mit Verweis auf **Fig. 5A** ermöglicht die Drehung des Reflexionselements **118** in Kombination mit der Verschiebung des Reflexionselements **118** relativ zur Plattform **102**, den Lichtstrahl **114** über die gesamte Region **144** zu lenken. In manchen Fällen kann die Lichtquelle **120** selektiv gesteuert werden und der Lichtstrahl **114** kann gescannt werden, um Muster der Lichtstrahlabdeckung zu erzeugen, die einen Abschnitt der Region **144** überspannen. Die Steuereinheit **108** kann Daten empfangen und/oder auf einem nichtflüchtigen computerlesbaren Medium speichern, wobei die Daten ein Muster der Lichtstrahlabdeckung definieren.

**[0077]** In manchen Fällen deckt ein Muster **154a**, das durch die Daten definiert ist, die Gesamtheit der Region **144** ab. Die Steuereinheit **108** kann die Lichtquelle **120** ständig steuern, sodass der Lichtstrahl **114** einer fortlaufenden Linie entlang bewegt wird, die sich über die gesamte Region **144** erstreckt, z. B. über die gesamte Breite der Region **144** in der Scanrichtung **152**. Das Energieabgabesystem **106** kann vorwärtsbewegt werden, wenn der Lichtstrahl **114** über die Plattform **102** bewegt wird, sodass der Lichtstrahl **114** die Gesamtheit der Region **144** abdecken kann, indem er dem Muster **154a** entsprechend über die Region **144** gescannt wird.

**[0078]** Alternativ deckt mit Verweis auf **Fig. 5B** ein Muster, das durch die Daten definiert ist, einen Abschnitt der Region **144** ab. Das Muster kann einen Abschnitt einer Länge der Region **144** abdecken, der sich in der Vorwärtsrichtung **133** erstreckt, und kann außerdem einen Abschnitt der Breite der Region **144** abdecken, der sich in der Scanrichtung **152** erstreckt. Statt den Stellmotor **141** zu steuern, um die Abdeckung des Lichtstrahls **114** entlang der Breite der Region **144** zu steuern, kann die Steuereinheit **108** die Lichtquelle **120** selektiv aktivieren, sodass der Lichtstrahl **114** nur erzeugt wird, wenn das Reflexionselement **118** ausgerichtet ist, um den Lichtstrahl **114** auf eine erste Fläche **156a** der Region **144** zu lenken. Dementsprechend wird der Lichtstrahl **114** nicht erzeugt, wenn das Reflexionselement **118** ausgerichtet ist, um den Lichtstrahl **114** nicht zu der ersten Fläche **156a** der Region **144** zu lenken, z. B. wenn es ausgerichtet ist, den Lichtstrahl **114** zu einer zweiten Fläche **156b** der Region **144** zu lenken. So wird Energie der Fläche **156a** zugeführt, aber nicht der Fläche **156b**.

**[0079]** Der Stellmotor **141** wird gesteuert, um während dieses Prozesses der selektiven Aktivierung der Lichtquelle **120** das Reflexionselement ständig **118** zu drehen, sodass, wenn der Lichtstrahl **114** auf die Region **144** gelenkt wird, die Verweilzeit des Licht-

strahls **114** den Pfad entlang, z. B. die Y-Achse entlang, einheitlich ist. Ebenso kann der Stellmotor **130** bedient werden, während dieses Prozesses der selektiven Aktivierung der Lichtquelle **120** das Energieabgabesystem **106** relativ zur Plattform **102** zu verschieben, sodass die Verweilzeit des Lichtstrahls **114** entlang der Vorwärtsrichtung **133**, z. B. entlang der X-Achse, einheitlich ist.

**[0080]** Eine uneinheitliche Verweilzeit kann schlechte Oberflächenqualität des zu bildenden Objekts verursachen, und kann beispielsweise durch eine Verringerung der Geschwindigkeit des Reflexionselements **118** oder eine Umkehrung der Drehrichtung des Reflexionselements **118** auftreten. Da jedoch das Reflexionselement **118** ständig gedreht wird, kann ein solches Verweilen des Lichtstrahls **114** vermieden werden. In manchen Fällen kann der Lichtstrahl **114** selektiv aktiviert werden, z. B. pulsiert, um selektiv Voxel des Zufuhrmaterials zu härten.

**[0081]** **Fig. 6A** und **Fig. 6B** zeigen eine Vorrichtung für die additive Fertigung **200** ähnlich wie die Vorrichtung für die additive Fertigung **100**. Die Vorrichtung für die additive Fertigung **200** unterscheidet sich von der Vorrichtung für die additive Fertigung **100** darin, dass die Vorrichtung für die additive Fertigung **200** ein zweites Energieabgabesystem **204** neben einem ersten Energieabgabesystem **202** umfasst. Das erste Energieabgabesystem **202** ist ähnlich zum Energieabgabesystem **106**, das bezüglich der Vorrichtung für die additive Fertigung **200** beschrieben ist und führt damit einen Lichtstrahl **210** einen Pfad an einer obersten Schicht **208** an Zufuhrmaterial entlang fort.

**[0082]** Auch mit Verweis auf **Fig. 7** umfasst das zweite Energieabgabesystem **204** eine Lichtquelle **216** zum Erzeugen eines Lichtstrahls **206**, der einen Vektorpfad auf der obersten Schicht **208** an Zufuhrmaterial entlang bewegt werden soll. Die Lichtquelle **216** ist beispielsweise Teil eines Spiegelgalvanometers. Das Spiegelgalvanometer kann ferner ein oder mehr Reflexionselemente **218a**, **218b**, z. B. galvobetriebene Spiegel, umfassen. Im Gegensatz zu dem Reflexionselement **118** des Energieabgabesystems **106** (z. B. dem Reflexionselement des Energieabgabesystems **202**), können die Reflexionselemente **218a**, **218b** des Energieabgabesystems **204** beschleunigt und abgebremst werden, um eine Energiezufuhr entlang des gewünschten Vektorpfads zu erreichen. Insbesondere kann eine Reflexionsfläche des Reflexionselements **218a** bewegt werden, um eine Position des Lichtstrahls **206** auf der obersten Schicht **208** an Zufuhrmaterial entlang der X-Achse zu steuern, und eine Reflexionsfläche des Reflexionselements **218b** kann bewegt werden, um eine Position des Lichtstrahls **206** auf der obersten Schicht **208** an Zufuhrmaterial entlang der Y-Achse zu steuern. Die Reflexionselemente **218a**, **218b** werden beide neu ausgerichtet und entlang der X-Achse und der

Y-Achse verschoben, wenn sie bewegt werden, um die Position des Lichtstrahls **206** zu steuern.

**[0083]** Mit Verweis auf **Fig. 6B** kann die Bewegung des Reflexionselements des Energieabgabesystems **202** es ermöglichen, dass sich der Lichtstrahl **210** über eine Region **211** bewegt, die eine gesamte Breite der Plattform entlang der Y-Achse überspannt. Im Gegensatz dazu erstreckt sich eine Region **212**, an die das zweite Energieabgabesystem **204** den Lichtstrahl **206** zuführen kann, entlang sowohl der X-Achse als auch der Y-Achse. In manchen Fällen erstreckt sich die Region **212** entlang eines gesamten Bereichs einer Plattform **214** der Vorrichtung für die additive Fertigung **200**.

**[0084]** Statt einer selektiven Aktivierung der Lichtquelle des zweiten Energieabgabesystems **204** zum Bewegen des Lichtstrahls **206** entlang des gewünschten Vektorpfads, werden die Reflexionselemente **218a**, **218b** zum Umlenken des Lichtstrahls **206** den gewünschten Vektorpfad entlang bewegt. Diesbezüglich kann der Lichtstrahl **206** ständig emittiert werden, während die Reflexionselemente **218a**, **218b** bewegt werden. Die Reflexionselemente **218a**, **218b** können beispielsweise inkrementell gedreht werden. Die Reflexionselemente **218a**, **218b** können beschleunigt und abgebremst werden, um die Laufbahn des Pfads des Lichtstrahls **206** anzupassen. Ferner kann in manchen Fällen, während das erste Energieabgabesystem **202** die X-Achse entlang relativ zur Plattform **214** vorwärtsbewegt wird, um den Lichtstrahl **114** entlang von Pfaden umzulenken, die sich entlang der X-Achse erstrecken, der Lichtstrahl **206** des zweiten Energieabgabesystems **204** zweidimensionale Pfade entlang bewegt werden, die sich entlang der X-Achse und der Y-Achse erstrecken, indem die Reflexionselemente **218a**, **218b** des zweiten Energieabgabesystems **204** bewegt werden. Beispielsweise können die Reflexionselemente **218a**, **218b** des zweiten Energieabgabesystems **204** mehrere Reflexionsflächen umfassen, die so beweglich sind, dass die Reflexionsflächen zum Empfangen des Lichtstrahls **206** und Umlenken des Lichtstrahls **206** entlang eines zweidimensionalen Pfads auf der obersten Schicht **208** repositioniert werden können.

**[0085]** Während die additiven Fertigungsvorrichtungen **100**, **200** so beschrieben sind, ein einziges Energieabgabesystem zu umfassen, das eine Lichtquelle und ein drehbares Reflexionselement umfasst, umfasst in manchen Ausführungen mit Verweis auf **Fig. 8A** bis **Fig. 8C** eine Vorrichtung für die additive Fertigung mehrere Energieabgabesysteme, die drehbare Reflexionselemente, z. B. Polygonspiegel, aufweisen. Mit Verweis auf **Fig. 8A** umfasst eine Vorrichtung für die additive Fertigung **300** ein erstes Energieabgabesystem **302** und ein zweites Energieabgabesystem **304**, wobei jedes Energieabgabesystem **302**, **304** eine Lichtquelle und ein Reflexionselement

umfasst, die der Lichtquelle **120** und dem Reflexionselement **118** ähnlich sind, die bezüglich des Energieabgabesystems **106** beschrieben sind. Die Energieabgabesysteme **302**, **304** sind beide an einen Träger **305** montiert, z. B. ähnlich wie Träger **122**.

**[0086]** Die Energieabgabesysteme **302**, **304** lenken, ohne Bewegung des Trägers **305** entlang der X-Achse, Lichtstrahlen entlang Pfaden, die sich eine horizontale Richtung entlang erstrecken. Beispielsweise können sich die Pfade entlang der Y-Achse innerhalb der Regionen **306** bzw. **308** erstrecken. Die Region **306** kann die Region **308** überlappen. Die Pfade können parallel zur Y-Achse stehen und der Träger **305** kann inkrementell vorwärtsbewegt werden, sodass jedes Energieabgabesystem **302**, **304** die Lichtstrahlen eine Reihe von parallelen Pfaden entlang bewegen kann. Diese parallelen Pfade erstrecken sich nicht über die gesamte Breite einer Plattform **310** der Vorrichtung für die additive Fertigung **300** aber decken, wenn sie zusammengesetzt werden, eine Region ab, die sich über die gesamte Breite der Plattform **310** erstreckt. Infolgedessen kann das Energieabgabesystem **302** Energie beispielsweise an eine erste Hälfte einer Plattform **310** zuführen und das Energieabgabesystem **304** kann Energie an eine zweite Hälfte der Plattform **310** zuführen.

**[0087]** Mit Verweis auf **Fig. 8B** unterscheidet sich eine Vorrichtung für die additive Fertigung **400** von der Vorrichtung für die additive Fertigung **300** darin, dass Energieabgabesysteme **402**, **404** der Vorrichtung für die additive Fertigung **400** relativ zu einem Träger **405**, an den die Energieabgabesysteme **402**, **404** montiert sind, drehbar sind. Die Energieabgabesysteme **402**, **404** lenken, ohne Bewegung eines Trägers **405** der Vorrichtung für die additive Fertigung **400** entlang der X-Achse, Lichtstrahlen Pfade entlang, die sich in horizontalen Richtungen erstrecken. Beispielsweise können sich die Pfade entlang der Y-Achse innerhalb der Regionen **406** bzw. **408** erstrecken. Im Gegensatz zu den Regionen **306**, **308**, erstrecken sich die Regionen **406**, **408** entlang der X-Achse und Y-Achse gleichermaßen und bilden einen Nicht-Null-Winkel zur Y-Achse. Die Region **406** kann die Region **408** überlappen. Der Träger **405** kann inkrementell vorwärtsbewegt werden, sodass jedes Energieabgabesystem **402**, **404** die Lichtstrahlen eine Reihe von parallelen Pfaden entlang bewegen kann, z. B. parallel zueinander aber relativ zur Y-Achse abgewinkelt. Diese parallelen Pfade erstrecken sich nicht über die gesamte Breite einer Plattform **410** der Vorrichtung für die additive Fertigung **400** aber decken, wenn sie zusammengesetzt werden, eine Region ab, die sich über die gesamte Breite der Plattform **410** erstreckt. Infolgedessen kann das Energieabgabesystem **402** Energie beispielsweise an eine erste Hälfte einer Plattform **410** zuführen und das Energieabgabesystem **404** kann Energie an eine zweite Hälfte der Plattform **410** zuführen.

**[0088]** In manchen Ausführungen sind die Energieabgabesysteme **402**, **404** unabhängig voneinander drehbar. Dadurch kann der Pfad des Lichtstrahls entlang der Region **406** relativ zu dem Pfad des Lichtstrahls entlang der Region **408** abgewinkelt sein. Das Muster der Lichtstrahlabdeckung für das Energieabgabesystem **402** kann so Pfade aufweisen, die Winkel relativ zur Y-Achse aufweisen, die sich von Winkeln der Pfade des Musters der Lichtstrahlabdeckung unterscheiden, die durch das Energieabgabesystem **404** gebildet wird.

**[0089]** Mit Verweis auf **Fig. 8C** unterscheidet sich eine Vorrichtung für die additive Fertigung **500** von der Vorrichtung für die additive Fertigung **300** darin, dass ein Träger **505**, an dem beide Energieabgabesysteme **502**, **504** montiert sind, relativ zu einer Plattform **510** der Vorrichtung für die additive Fertigung **500** drehbar sind. Die Pfade der Lichtstrahlen, die durch die Energieabgabesysteme **502**, **504** abgegeben werden, können so gleichzeitig mit der Drehung des Trägers **505** gedreht werden. Die Energieabgabesysteme **502**, **504** lenken Lichtstrahlen, ohne Bewegung eines Trägers **505** der Vorrichtung für die additive Fertigung **500**, Pfade entlang, die sich entlang der X-Achse und der Y-Achse innerhalb der Regionen **506** bzw. **508** erstrecken. Wie in **Fig. 8C** gezeigt, erstrecken sich die Regionen **506**, **508** in manchen Fällen nicht über die gesamte Breite der Plattform **510**. Zusätzlich zu der Beweglichkeit entlang der X-Achse relativ zur Plattform **510** ist der Träger **505** entlang der Y-Achse relativ zur Plattform **510** beweglich, sodass die Energieabgabesysteme **502**, **504** die Energiezufuhr zu einem Abschnitt **512** erlauben, dessen Breite die Regionen **506**, **508** nicht abdecken.

**[0090]** In manchen Ausführungen sind die Energieabgabesysteme **502**, **504** relativ zum Träger **505** in einer Weise unabhängig drehbar, die den Energieabgabesystemen **402**, **404** ähnlich ist. Diesbezüglich können die Winkel des Lichtstrahlpfads durch beide oder eines der beiden aus Drehung des Trägers **505** und unabhängiger Drehung der Energieabgabesysteme **502**, **504** eingestellt werden.

#### Beispielmuster der Lichtstrahlabdeckung

**[0091]** Die additiven Fertigungsvorrichtungen, die hierin beschrieben sind, z. B. die additiven Fertigungsvorrichtungen **100**, **200**, **300**, **400**, und **500**, können Prozesse ausführen, um verschiedene Lichtstrahlabdeckungsmuster zu erzeugen. Mit Verweis auf **Fig. 9A** umfasst ein Prozess **600** einen Vorgang **602**, bei dem Konturen, die einen Umfang eines Objekts **610** in einer Schicht definieren (im Gegensatz zu Voxeln, die das Innere des Objekts in einer Schicht definieren) ausgebildet werden. Wenn das zweite Energieabgabesystem **204**, das in Bezug auf **Fig. 6A**, **Fig. 6B**, und **Fig. 7** beschrieben wird, vorliegt, kann das zweite Energieabgabesystem **204** einen Licht-

strahl entlang eines zweidimensionalen Vektorpfads bewegen, um das Zufuhrmaterial einer der Konturen, z. B. einer der inneren oder äußeren Konturen, entsprechend zu härten. Die Daten, die das Muster der Lichtstrahlabdeckung definieren, können den Vektorpfad definieren, entlang dessen der Lichtstrahl bewegt wird. Das zweite Energieabgabesystem **204** kann den Lichtstrahl über einen anderen zweidimensionalen Vektorpfad bewegen, um das Zufuhrmaterial einer der anderen Konturen, z. B. der anderen der inneren oder äußeren Konturen, entsprechend zu härten.

**[0092]** Mit Verweis auf **Fig. 9A** bis **Fig. 9D** kann die Abfolge von Vorgängen **604A**, **606A**, **608A** (**Fig. 9A**) ausgeführt werden, die Abfolge von Vorgängen **604B**, **606B**, **608B** (**Fig. 9B**) kann ausgeführt werden, die Abfolge von Vorgängen **604C**, **606C**, **608C** (**Fig. 9C**) oder die Abfolge von Vorgängen **604D**, **606D**, **608D** (**Fig. 9D**) kann ausgeführt werden, um ein Inneres des Objekts **610**, z. B. den Bereich, der durch die Konturen umgeben ist, die in Vorgang **602** ausgebildet wurden, zu verschmelzen. Der Vorgang **602** in Kombination mit der Abfolge von Vorgängen **604A**, **606A**, **608A**, der Abfolge von Vorgängen **604B**, **606B**, **608B** oder der Abfolge von Vorgängen **604C**, **606C**, **608C** ermöglicht die Bildung des Objekts **610**.

**[0093]** Mit Verweis auf **Fig. 9A** wird bei Vorgang **604A** der Lichtstrahl von dem Energieabgabesystem entlang paralleler horizontaler Zeilen einer obersten Schicht an Zufuhrmaterial gelenkt. Die horizontalen Zeilen erstrecken sich entlang der Y-Achse. Die abgetasteten Pfade des Lichtstrahls sind fortlaufend und überspannen eine gesamte Breite der Region des Zufuhrmaterialzufuhrbereichs. Beispielsweise wird das Reflexionselement des Energieabgabesystems ständig gedreht, und die Lichtquelle ist ständig aktiviert, um eine der horizontalen Zeilen zu bilden.

**[0094]** Die horizontalen Zeilen sind voneinander durch Regionen getrennt, auf die der Lichtstrahl nicht gelenkt wird. Diesbezüglich wird, sofern der Träger, auf dem das Energieabgabesystem montiert ist, entlang der X-Achse vorwärts bewegt wird, das Energieabgabesystem selektiv bedient, um den Lichtstrahl entlang voneinander getrennter Pfade zu bewegen. In manchen Fällen wird der Träger in ausreichend großen Schritten vorwärtsbewegt, um eine solche Trennung zwischen den abgetasteten Pfaden zu ermöglichen.

**[0095]** Alternativ wird das Energieabgabesystem nur während ausgewählter inkrementeller Positionen des Trägers aktiviert, wobei jedes Inkrement einem einzigen Voxel an Zufuhrmaterial entspricht. Während anderer inkrementeller Positionen wird das Reflexionselement ständig gedreht, aber die Lichtquelle emittiert den Lichtstrahl nicht.

**[0096]** Bei Vorgang **606A** wird der Lichtstrahl von dem Energieabgabesystem entlang paralleler horizontaler Zeilen geführt, die sich entlang der X-Achse erstrecken. Die horizontalen Zeilen sind voneinander durch Regionen getrennt, auf die der Lichtstrahl nicht gelenkt wird. Während sich das Reflexionselement ständig dreht, wird die Lichtquelle selektiv aktiviert, sodass Abschnitte der obersten Schicht an Zufuhrmaterial, die den Lichtstrahl empfangen, durch Abschnitte getrennt sind, die den Lichtstrahl nicht empfangen. Die Lichtquelle wird beispielsweise pulsiert, während das Reflexionselement **118** ständig gedreht wird, sodass Energie an einen unterbrochenen Satz Voxel zugeführt wird, der sich entlang der X-Achse erstreckt. In alternativen Beispielen kann der Träger, wenn der Träger für das Energieabgabesystem relativ zur Plattform drehbar ist, umorientiert werden, sodass das Energieabgabesystem den Lichtstrahl über solche horizontale Zeilen bewegen kann, die sich entlang der X-Achse erstrecken.

**[0097]** Bei Vorgang **608A** wird der Lichtstrahl von dem Energieabgabesystem entlang paralleler horizontaler Zeilen geführt, die sich entlang der Y-Achse erstrecken. Die horizontalen Zeilen des Vorgangs **608A** sind gegenüber der horizontalen Zeilen des Vorgangs **604A** versetzt, können jedoch mit einem ähnlichen Vorgang des Energieabgabesystems und des Trägers ausgebildet werden.

**[0098]** Mit Verweis auf **Fig. 9B** unterscheiden sich die Vorgänge **604B**, **606B**, und **608B** von den Vorgängen **604A**, **606A**, **608A** darin, dass die horizontalen Zeilen, die in den Vorgängen **604B** und **608B** ausgebildet werden, in Nicht-Null-Winkeln relativ zur Y-Achse stehen und die horizontalen Zeilen, die in Vorgang **606B** ausgebildet werden, sich in Nicht-Null-Winkeln relativ zur X-Achse befinden. In manchen Ausführungen werden die horizontalen Zeilen, die in den Vorgängen **604B** und **608B** ausgebildet werden, in einer ähnlichen Weise ausgebildet, wie im Ausbildungsprozess für die horizontalen Zeilen für Vorgang **606C**. Insbesondere ist das Reflexionselement drehbar, um den Lichtstrahl entlang eines horizontalen Pfads parallel zur Y-Achse zu bewegen, aber die Lichtquelle wird selektiv aktiviert, um abgewinkelte horizontale Zeilen mit mindestens einem Voxel an nicht verschmolzenem Zufuhrmaterial zu bilden. Alternativ können, wie bezüglich des Trägers **122** der Vorrichtung für die additive Fertigung **100** beschrieben, Pfade des Lichtstrahls, der durch das Energieabgabesystem **106** abgegeben wird, relativ zur Y-Achse umorientiert werden, sodass die Pfade Nicht-Null-Winkel relativ zur Y-Achse bilden. Diesbezüglich können die horizontalen Zeilen, die in Vorgängen **604B** und **608B** gebildet werden, durch Drehung des Trägers, an dem das Energieabgabesystem **106** montiert ist, abgewinkelt werden.

**[0099]** In ähnlicher Weise können die horizontalen Zeilen in Vorgang **606B** durch selektive Steuerung des Energieabgabesystems erzeugt werden. Das Energieabgabesystem kann dieselbe Ausrichtung aufweisen, die es für Vorgänge **604B** und **608B** hatte. Alternativ kann das Energieabgabesystem bei Vorgang **606B** umorientiert werden, z. B. durch Drehung des Trägers, an dem das Energieabgabesystem montiert ist.

**[0100]** Mit Verweis auf **Fig. 9C** werden in manchen Ausführungen Sektoren des Inneren des Objekts **610** sequenziell verschmolzen. Bei Vorgang **604C** wird ein erster Sektor durch Bewegen des Lichtstrahls durch horizontale Zeilen verschmolzen. Obwohl sie als horizontale Zeilen mit einem Winkel relativ sowohl zur X-Achse als auch zur Y-Achse dargestellt sind, können die Zeilen auch horizontale Zeilen in jedem angemessenen Winkel sein. Bei Vorgang **606C** wird ein zweiter Sektor durch Abtasten durch horizontale Zeilen hindurch verschmolzen. Die horizontalen Zeilen aus Vorgang **606C** können Winkel aufweisen, die ähnlich sind wie die Winkel der horizontalen Zeilen aus Vorgang **604C**.

**[0101]** Damit der erste Sektor, der in Vorgang **604C** verschmolzen wurde, abkühlen kann, kann der zweite Sektor, der in Vorgang **606C** verschmolzen wird, von dem ersten Sektor z. B. durch einen dritten Sektor getrennt werden, der in Vorgang **608C** verwendet werden soll. Beispielsweise können Ränder, die den ersten Sektor definieren, von Rändern getrennt sein, die den zweiten Sektor definieren. Diese Trennung kann Zeit zur Verfügung stellen, um den ersten Sektor nach dem Verschmelzen abkühlen zu lassen. Statt weiter Energie zu Abschnitten zuzuführen, die an den ersten Sektor angrenzen, wird in Vorgang **606C** Energie an den nicht angrenzenden zweiten Sektor zugeführt. Anschließend kann in Vorgang **608C** der dritte Sektor, der den ersten und zweiten Sektor voneinander trennt, verschmolzen werden.

**[0102]** Mit Verweis auf **Fig. 9D** werden in manchen Ausführungen mehrere Energieabgabesysteme betrieben, um die Vorgänge **604D**, **606D**, und **608D** auszuführen, z. B. entsprechend Ausführungen, die mit Verweis auf die additiven Fertigungsvorrichtungen **300**, **400**, **500** beschrieben sind. Ein Zufuhrmaterialzufuhrbereich **612**, zu dem Zufuhrmaterial zugeführt wird, ist in abgegrenzte Regionen **614a** bis **614d** unterteilt. Die Muster aus **Fig. 9D** für Vorgänge **604D**, **606D**, **608D** sind ähnlich wie die Muster in **Fig. 9A** für Vorgänge **604A**, **606A**, **608A**. Für Vorgänge **604D**, **606D**, **608D** werden jedoch mehrere Energieabgabesysteme betrieben, um Energie zu den verschiedenen Regionen **614a** bis **614d** zuzuführen. Wenn zwei Energieabgabesysteme vorhanden sind, bewegt ein erstes der Energieabgabesysteme für Vorgänge **604D**, **606D**, **608D** den Lichtstrahl entlang horizontaler Zeilen in der Region **614a** und

entlang horizontaler Zeilen in der Region **614b**, und ein zweites der Energieabgabesysteme bewegt den Lichtstrahl für Vorgänge **604D**, **606D**, und **608D** entlang horizontaler Zeilen in der Region **614c** und entlang horizontaler Zeilen in der Region **614d**.

**[0103]** In manchen Ausführungen bewegt das erste Energieabgabesystem den Lichtstrahl die horizontalen Zeilen in der Region **614b** entlang, während das zweite Energieabgabesystem den Lichtstrahl die horizontalen Zeilen in der Region **614c** entlang bewegt. Das erste Energieabgabesystem bewegt den Lichtstrahl dann die horizontalen Zeilen in der Region **614a** entlang, während das zweite Energieabgabesystem den Lichtstrahl die horizontalen Zeilen in der Region **614d** entlang bewegt. Weil die Regionen **614b**, **614c** nicht überlappende Ränder aufweisen und die Regionen **614a**, **614d** nicht überlappende Ränder aufweisen, kann eine solche Sequenz der Verschmelzung des Zufuhrmaterials die Wärmesammlung verringern, die aufgrund des gleichzeitigen Verschmelzens von Zufuhrmaterial in aneinander angrenzenden Regionen auftreten kann.

**[0104]** Andere Muster der Lichtstrahlbedeckung sind möglich. Beispielsweise wird mit Verweis auf **Fig. 10** ähnlich wie bei den Ausführungen, die mit Verweis auf **Fig. 9D** beschrieben sind, ein Zufuhrmaterialzufuhrbereich **712** in Regionen **714a** bis **714d** unterteilt, sodass mehrere Energieabgabesysteme selektiv und sequenziell Lichtstrahlen durch die Regionen **714a** bis **714d** bewegen können. Im Gegensatz zu den Prozessen, die in Bezug auf **Fig. 9A** bis **Fig. 9D** beschrieben sind, werden im Prozess **700** mehrere Reihen Konturen eines Objekts **710** ausgebildet, wobei eine Reihe der Konturen einen ersten Innenabschnitt **716a** definiert, und eine andere Reihe der Konturen einen zweiten Innenabschnitt **716b** definiert. Wie in Vorgang **702** gezeigt, können die Konturen in einer Weise ähnlich wie für Vorgang **702** beschrieben verschmolzen werden. Die Innenabschnitte **716a**, **716b** können dann in den Vorgängen **704**, **706**, **708** verschmolzen werden, um das Objekt **710** zu bilden. Wie in Vorgang **704** gezeigt. Innerhalb einer einzelnen Region **714a**, **714b**, **714c**, oder **714d** kann ein Energieabgabesystem selektiv den Lichtstrahl abgeben, um ein Muster von verschmolzenem Material zu erzeugen, einschließlich erster horizontaler Zeilen und zweiter horizontaler Zeilen in einem Nicht-Null-Winkel relativ zu den ersten horizontalen Zeilen. Die mehreren Energieabgabesysteme können jeweils in einer solchen Weise bedient werden, dass jede der Regionen **714a** bis **714d** ähnliche Muster aufweisen kann. Des Weiteren können die Energieabgabesysteme Energie an den Innenabschnitt **716a** zuführen, um dritte horizontale Zeilen in einem Nicht-Null-Winkel relativ zu den horizontalen Zeilen des Innenabschnitts **716b** zu bilden, z. B. sowohl die ersten horizontalen Zeilen als auch die zweiten horizontalen Zeilen.

## Alternative Ausführungen

**[0105]** Steuereinheit und Computergeräte können diese Vorgänge und andere Prozesse und Vorgänge, die hierin beschrieben sind, umsetzen. Wie oben beschrieben, kann die Steuereinheit **108** der Vorrichtung **100** eine oder mehr Verarbeitungseinheiten umfassen, die mit den verschiedenen Komponenten, Systemen und Untersystemen der Vorrichtung **100** verbunden sind. Die Steuereinheit **108** kann den Vorgang koordinieren und die Vorrichtung **100** veranlassen, die verschiedenen funktionalen Vorgänge oder Abfolge von Schritten wie oben beschrieben auszuführen. Die Steuereinheit **108** kann die Bewegung und Vorgänge der Systeme des Druckkopfs **126** steuern.

**[0106]** Die Steuereinheit **108** und andere Computergeräte von hierin beschriebenen Systemen können in Form von digitalen elektronischen Schaltkreisen oder in Computersoftware, Firmware oder Hardware umgesetzt sein. Beispielsweise kann die Steuereinheit einen Prozessor umfassen, um ein Computerprogramm auszuführen, das in einem Computerprogrammprodukt gespeichert ist, z. B. in einem nichtflüchtigen maschinenlesbaren Speichermedium. Ein solches Computerprogramm (auch bekannt als Programm, Software, Softwareanwendung oder Code) kann in jeder Form von Programmiersprache geschrieben werden, einschließlich kompilierter oder interpretierter Sprachen, und kann in jeder Form eingesetzt werden, einschließlich als Einzelprogramm oder als ein Modul, eine Komponente, Subroutine oder andere Einheit, die sich zur Verwendung in einer Computerumgebung eignet.

**[0107]** Die Steuereinheit **108** und andere Computergeräte als Teil von beschriebenen Systemen können ein nichtflüchtiges computerlesbares Medium umfassen, um ein Datenobjekt zu speichern, z. B. eine Computer-Aided-Design (CAD)-kompatible Datei, die die Muster identifiziert, in denen das Zufuhrmaterial für jede Schicht aufgebracht werden soll. Beispielsweise könnte das Datenobjekt eine STL-formatierte Datei, eine 3D-Manufacturing-Format (3MF)-Datei oder eine Additive Manufacturing File Format (AMF)-Datei sein. Weiterhin könnte das Datenobjekt andere Formate aufweisen, wie etwa mehrere Dateien oder eine Datei mit mehreren Ebenen im Format tiff, jpeg oder Bitmap. Beispielsweise könnte die Steuereinheit das Datenobjekt von einem externen Computer empfangen. Ein Prozessor in der Steuereinheit **108**, z. B. wie durch Firmware oder Software gesteuert, kann das Datenobjekt interpretieren, das von dem Computer empfangen wurde, um den Satz Signale zu erzeugen, der notwendig ist, um die Komponenten der Vorrichtung **100** zu steuern, um das vorgegebene Muster für jede Schicht zu verschmelzen.

**[0108]** Obwohl dieses Dokument viele spezifische Umsetzungsdetails enthält, sollten diese nicht als einschränkend für den Umfang jeglicher Erfindungen oder der Ansprüche ausgelegt werden, sondern als Beschreibungen der Merkmale, die spezifisch für bestimmte Ausführungsformen bestimmter Erfindungen sind. Bestimmte Merkmale, die in diesem Dokument im Zusammenhang mit einzelnen Ausführungsformen beschrieben werden, können in Kombination in einer einzigen Ausführungsform umgesetzt werden. Umgekehrt können verschiedene Merkmale, die im Kontext einer einzigen Ausführungsform beschrieben sind, auch in mehreren Ausführungsformen getrennt oder in geeigneten Unterkombinationen umgesetzt werden. Weiterhin können zwar Merkmale oberhalb als in bestimmten Kombinationen wirkend beschrieben sein und sogar anfänglich so beansprucht sein, es können jedoch ein oder mehr Merkmale aus einer beanspruchten Kombination in manchen Fällen von der Kombination gelöst werden und die beanspruchte Kombination kann auf eine Unterkombination oder Variation einer Unterkombination gerichtet sein.

**[0109]** Der Druckkopf aus **Fig. 1A** umfasst mehrere Systeme, die der Vorrichtung **100** ermöglichen, Objekte aufzubauen. In manchen Fällen umfasst die AM-Vorrichtung statt einem Druckkopf unabhängig betriebene Systeme, die unabhängig betriebene Energiequellen, Dispenser und Sensoren umfassen. Jedes dieser Systeme kann unabhängig bewegt werden und kann, muss aber nicht Teil eines modularen Druckkopfs sein. In einigen Beispielen umfasst der Druckkopf nur die Dispenser und die Vorrichtungen enthalten getrennte Energieabgabesysteme, die an Träger montiert sind, die von Trägern der Dispenser unabhängig sind.

**[0110]** Die Verarbeitungsbedingungen für die additive Fertigung von Metallen und Keramik unterscheiden sich wesentlich von denen für Kunststoffe. Beispielsweise verlangen Metalle und Keramik allgemein wesentlich höherer Verarbeitungstemperaturen. Daher sind 3D-Druckverfahren für Kunststoff möglicherweise für Metall- oder Keramikverarbeitung nicht anwendbar und Geräte sind möglicherweise nicht äquivalent. Einige hier beschriebene Techniken können jedoch auch auf Polymerpulver, z. B. Nylon, ABS, Polyetheretherketon (PEEK), Polyetherketoneketon (PEKK) und Polystyrol angewendet werden.

**[0111]** Eine Anzahl von Ausführungen wurde beschrieben. Dennoch versteht es sich, dass vielfältige Änderungen vorgenommen werden können. Beispielsweise:

- Verschiedene Komponenten, die oberhalb als Teil des Druckkopfs beschrieben wurden, wie etwa das/die Dispensersystem(e), der/die Verteiler, das/die Messfühlersystem(e), die Wärmequelle und/oder die Energiequelle, können an

dem Gerüst statt im Druckkopf montiert sein oder an dem Rahmen montiert sein, der das Gerüst trägt.

- Die Plattform kann eine Breite zwischen 200 mm und 2000 mm aufweisen, z. B. zwischen 500 mm und 1000 mm, ca. 400 mm, ca. 500 mm, ca. 600 mm, ca. 700 mm usw.
- Die durch ein einziges Energieabgabesystem abzudeckende Region kann eine Breite zwischen 100 mm und 1000 mm, z. B. zwischen 250 mm und 500 mm, ca. 200 mm, ca. 250 mm, ca. 300 mm usw. überspannen.
- Das Energieabgabesystem **106** kann inkrementell entlang der Y-Achse vorwärtsbewegt werden, sodass der Lichtstrahl über die gesamte Länge der Plattform **102** abgegeben werden kann. In manchen Fällen wird das Energieabgabesystem **106** einen Schritt am Ende eines einzigen Pfads über die Plattform **102** hinweg vorwärtsbewegt. Die Lichtquelle **120** kann so gesteuert werden, dass der Lichtstrahl **114** nicht abgegeben wird, wenn das Energieabgabesystem **106** vorwärts bewegt wird, beispielsweise wenn der vorhergesagte Ort des Lichtstrahls **114**, der auf das Reflexionselement **118** fällt, sich von einer Facette auf eine andere Facette bewegt.

**[0112]** Dementsprechend fallen andere Ausführungen in den Umfang der Ansprüche.

### Patentansprüche

1. Eine Vorrichtung für die additive Fertigung, umfassend:
  - eine Plattform;
  - einen Dispenser zum Abgeben mehrerer Schichten an Aufgabematerial auf eine obere Fläche der Plattform; und
  - ein Energieabgabesystem, umfassend
    - eine Lichtquelle zum Emittieren eines Lichtstrahls, und
    - ein Reflexionselement, das mehrere Reflexionsfacetten aufweist, wobei das Reflexionselement in einem Pfad des Lichtstrahls positioniert werden kann, um den Lichtstrahl zu empfangen und den Lichtstrahl zu der oberen Fläche der Plattform hin umzulenken, um Energie an eine oberste Schicht der Schichten an Aufgabematerial zuzuführen, um das Aufgabematerial zu verschmelzen, wobei das Reflexionselement so drehbar ist, dass aufeinander folgende Facetten den Lichtstrahl sequenziell einen Pfad auf der obersten Schicht entlang bewegen.
2. Die Vorrichtung aus Anspruch 1, wobei die Lichtquelle einen Laser umfasst, der zum Emittieren des Lichtstrahls in Richtung des Reflexionselements konfiguriert ist.



3. Die Vorrichtung aus Anspruch 1, wobei die Reflexionsfacetten im Wesentlichen gleiche Längen aufweisen.

4. Die Vorrichtung aus Anspruch 1, wobei das Reflexionselement einen Polygonspiegel umfasst, der ein regelmäßig konvexes Polygon definiert.

5. Die Vorrichtung aus Anspruch 1, ferner umfassend einen Stellmotor, der funktionsfähig mit dem Reflexionselement verbunden ist, wobei der Stellmotor konfiguriert ist, das Reflexionselement ständig zu drehen, um den Lichtstrahl den Pfad entlang zu bewegen.

6. Die Vorrichtung aus Anspruch 1, wobei der Pfad auf der obersten Schicht eine Linie auf der obersten Schicht ist.

7. Die Vorrichtung aus Anspruch 6, wobei sich die Linie über die gesamte Breite eines Aufgabematerialabgabebereichs auf der Plattform erstreckt.

8. Die Vorrichtung aus Anspruch 1, ferner umfassend einen Träger, an den das Reflexionselement montiert ist, wobei der Träger in einer horizontalen Richtung beweglich ist, die einen Nicht-Null-Winkel relativ zu dem Pfad aufweist, sodass eine Bewegung des Trägers den Pfad an aufeinander folgenden Orten auf der obersten Schicht in der horizontalen Richtung positioniert.

9. Die Vorrichtung aus Anspruch 8, wobei die horizontale Richtung rechtwinklig zu dem Pfad liegt.

10. Die Vorrichtung aus Anspruch 8, wobei der Dispenser an den Träger montiert ist, um mit dem Reflexionselement beweglich zu sein und relativ zu ihm in einer festen Position zu stehen, um mehrere Schichten an Aufgabematerial auf eine obere Fläche der Plattform aufzubringen;

11. Die Vorrichtung aus Anspruch 10, wobei der Dispenser konfiguriert ist, Aufgabematerial entlang einer Linie im Wesentlichen parallel zu dem Pfad abzugeben.

12. Die Vorrichtung aus Anspruch 1, umfassend ein Steuergerät, das konfiguriert ist, Daten auf einem nichtflüchtigen computerlesbaren Medium zu speichern, wobei die Daten ein Muster definieren, und wobei das Steuergerät konfiguriert ist, selektiv die Lichtquelle zum Zuführen von Energie zu der obersten Schicht in dem Muster, das durch die Daten definiert ist, zu steuern, während das Reflexionselement ständig gedreht wird.

13. Die Vorrichtung aus Anspruch 12, ferner umfassend einen Träger, an den das Reflexionselement montiert ist, wobei der Träger und die Plattform rela-

tiv zu dem Energieabgabesystem beweglich sind und wobei das Muster einen Satz eines parallelen Satzes Linien jeweils in einem Nicht-Null-Winkel zur horizontalen Richtung umfasst.

14. Die Vorrichtung aus Anspruch 12, wobei das Steuergerät konfiguriert ist, um dem Muster entsprechend die Lichtquelle zum Zuführen von Energie zu einem ersten Sektor der obersten Schicht zu steuern, und dann die Lichtquelle zum Zuführen von Energie zu einem zweiten Sektor der obersten Schicht zu steuern, wobei der zweite Sektor Ränder aufweist, die sich von den Rändern des ersten Sektors unterscheiden.

15. Die Vorrichtung aus Anspruch 12, wobei das Steuergerät konfiguriert ist, um das Muster entsprechend die Lichtquelle zum Zuführen von Energie entlang einer ersten Linie zu steuern, und die Lichtquelle zum Zuführen von Energie entlang einer zweiten Linie in einem Nicht-Null-Winkel zur ersten Linie zu steuern.

16. Ein Verfahren der additiven Fertigung, umfassend:  
Abgeben mehrerer Schichten an Aufgabematerial auf eine obere Fläche einer Plattform;  
Drehen eines Polygonspiegels, der mehrere Reflexionsfacetten aufweist;  
Lenken eines Lichtstrahls von einer Lichtquelle an den Polygonspiegel und Reflektieren des Lichtstrahls von dem Spiegel zum Zuführen von Energie an eine oberste Schicht der Schichten an Aufgabematerial, um das Aufgabematerial zu verschmelzen, wobei das Drehen des Polygonspiegels dazu führt, dass aufeinander folgende Facetten von mehreren Facetten den Lichtstrahl sequenziell entlang eines Pfads auf der obersten Schicht bewegen.

17. Die Vorrichtung für die additive Fertigung, umfassend:  
eine Plattform;  
einen Dispenser zum Abgeben mehrerer Schichten an Aufgabematerial auf eine obere Fläche der Plattform;  
ein Energieabgabesystem, umfassend  
eine Lichtquelle zum Emittieren eines Lichtstrahls, und  
ein Reflexionselement, das mehrere Reflexionsfacetten aufweist, wobei das Reflexionselement in einem Pfad des Lichtstrahls positioniert werden kann, um den Lichtstrahl aufzunehmen und den Lichtstrahl zu der oberen Fläche der Plattform hin umzulenken, um Energie an eine oberste Schicht der Schichten an Aufgabematerial zuzuführen, um das Aufgabematerial zu verschmelzen, wobei das Reflexionselement so drehbar ist, dass aufeinander folgende Facetten den Lichtstrahl sequenziell einen Pfad auf der obersten Schicht entlang bewegen; und

einen Stellmotor, um einen Winkel des linearen Pfads relativ zur Plattform anzupassen.

18. Die Vorrichtung aus Anspruch 17, wobei die Plattform drehbar ist und der Stellmotor mit der Plattform gekoppelt ist, um die Plattform zu drehen, um den Winkel des linearen Pfads relativ zur Plattform anzupassen.

19. Die Vorrichtung aus Anspruch 17, wobei das Reflexionselement an einen drehbaren Träger montiert ist und wobei das Reflexionselement um eine erste Achse drehbar ist, und der Stellmotor mit dem Träger gekoppelt ist, um den Träger um eine zweite Achse zu drehen, um den Winkel des linearen Pfads relativ zur Plattform anzupassen.

20. Die Vorrichtung aus Anspruch 17, umfassend ein Steuergerät, das mit dem Energieabgabesystem und dem Stellmotor gekoppelt ist und konfiguriert ist, das Reflexionselement zu veranlassen, den Lichtstrahl beim Verschmelzen einer ersten Schicht des Aufgabematerials sequenziell entlang des linearen Pfads entlang einer ersten Richtung zu bewegen, um den Stellmotor zu aktivieren, um den Winkel des linearen Pfads anzupassen, und das Reflexionselement zu veranlassen, den Lichtstrahl beim Verschmelzen einer zweiten Schicht des Aufgabematerials sequenziell entlang des linearen Pfads entlang einer zweiten Richtung in einem Nicht-Null-Winkel relativ zur ersten Richtung zu bewegen.

21. Die Vorrichtung aus Anspruch 17, ferner umfassend ein Steuergerät, konfiguriert zur selektiven Steuerung der Lichtquelle, während das Reflexionselement gedreht wird, sodass der Lichtstrahl zu einer ersten Region der obersten Schicht zugeführt wird und nicht zu einer zweiten Region der obersten Schicht zugeführt wird, und zur selektiven Steuerung der Lichtquelle, während das Reflexionselement gedreht wird, sodass der Lichtstrahl zur zweiten Region der obersten Schicht zugeführt wird und nicht zur ersten Region der obersten Schicht zugeführt wird.

22. Eine Vorrichtung für die additive Fertigung, umfassend:  
eine Plattform;  
einen Dispenser zum Abgeben mehrerer Schichten an Aufgabematerial auf eine obere Fläche der Plattform;  
ein Energieabgabesystem, umfassend  
eine Lichtquelle zum Emittieren eines Lichtstrahls, und  
ein Reflexionselement, das mehrere Reflexionsfacetten aufweist, wobei das Reflexionselement in einem Pfad des Lichtstrahls positioniert werden kann, um den Lichtstrahl aufzunehmen und den Lichtstrahl zu der oberen Fläche der Plattform hin umzulenken, um Energie an eine oberste Schicht der Schichten an Aufgabematerial zuzuführen, um das Aufgabemate-

rial zu verschmelzen, wobei das Reflexionselement so drehbar ist, dass aufeinander folgende Facetten den optischen Pfad für den Lichtstrahl sequenziell einen Pfad in einer ersten Richtung auf der obersten Schicht entlang bewegen;

einen Stellmotor, um einen Winkel des linearen Pfads relativ zur Plattform anzupassen; und  
ein Steuergerät zum Koppeln mit dem Stellmotor und einer Lichtquelle und konfiguriert, selektiv die Lichtquelle zu steuern, während das Reflexionselement ständig gedreht wird, wobei sich die Region des Auftreffens des Lichtstrahls entlang eines zweiten Pfads erstreckt, der durch Aktivierung des Lichtstrahls gebildet wird, und sich der zweite Pfad in einer zweiten Richtung in einem Nicht-Null-Winkel zur ersten Richtung erstreckt.

23. Die Vorrichtung aus Anspruch 22, wobei das Energieabgabesystem an einen Träger montiert ist, der relativ zur Plattform entlang einer dritten Richtung in einem Nicht-Null-Winkel zur ersten Richtung beweglich ist, und der Stellmotor mit dem Träger gekoppelt ist.

24. Die Vorrichtung aus Anspruch 22, umfassend ein zweites Reflexionselement, das mindestens eine zweite Reflexionsfläche umfasst, die in dem Pfad des Lichtstrahls positioniert ist, und das zweite Reflexionselement durch den Stellmotor bewegt werden kann, um den linearen Pfad entlang einer dritten Richtung in einem Nicht-Null-Winkel zur ersten Richtung zu repositionieren.

25. Die Vorrichtung aus Anspruch 22, wobei das Steuergerät konfiguriert ist, die Region des Auftreffens des Lichtstrahls mehrere zweite Pfade durchlaufen zu lassen, wobei jeder zweite Pfad einen Abstand entlang einer vierten Richtung rechtwinklig zur zweiten Richtung aufweist.

26. Die Vorrichtung aus Anspruch 25, wobei während eines ersten Scanzeitraums an die zweite Vielzahl zweiter Pfade grenzende in der vierten Richtung durch mindestens ein Voxel getrennt werden.

27. Die Vorrichtung aus Anspruch 22, wobei das Steuergerät konfiguriert ist, selektiv die Lichtquelle zu steuern, sodass sich der zweite Pfad in die zweite Richtung erstreckt, wenn eine erste Schicht des Aufgabematerials verschmolzen wird, und selektiv die Lichtquelle zu steuern, sodass sich der zweite Pfad in einem Nicht-Null-Winkel relativ zur zweiten Richtung in die fünfte Richtung erstreckt, wenn eine zweite Schicht des Aufgabematerials verschmolzen wird.

28. Ein Verfahren der additiven Fertigung, umfassend:  
Abgeben mehrerer Schichten an Aufgabematerial auf eine obere Fläche einer Plattform;

Drehen eines Polygonspiegels, der mehrere Reflexionsfacetten aufweist; Lenken eines Lichtstrahls von einer Lichtquelle an den Polygonspiegel und Reflektieren des Lichtstrahls von dem Spiegel zum Zuführen von Energie an eine oberste Schicht der Schichten an Aufgabematerial, um das Aufgabematerial zu verschmelzen, wobei das Drehen des Polygonspiegels aufeinander folgende Facetten von mehreren Facetten veranlasst, einen optischen Pfad des Lichtstrahls sequenziell entlang eines linearen ersten Pfads in eine erste Richtung auf der obersten Schicht zu bewegen; und

selektives Bedienen der Lichtquelle, während der Polygonspiegel ständig gedreht wird, sodass eine Region des Auftreffens des Lichtstrahls auf der äußersten Schicht durch Aktivierung des Lichtstrahls einen linearen zweiten Pfad durchläuft und sich der zweite Pfad in eine zweite Richtung in einem Nicht-Null-Winkel zur ersten Richtung erstreckt.

29. Das Verfahren aus Anspruch 28, wobei die Region des Auftreffens des Lichtstrahls mehrere zweite Pfade durchläuft, wobei jeder zweite Pfad einen Abstand entlang einer vierten Richtung rechtwinklig zur zweiten Richtung aufweist.

30. Das Verfahren aus Anspruch 28, wobei die Lichtquelle selektiv gesteuert wird, sodass sich der zweite Pfad in die zweite Richtung erstreckt, wenn eine erste Schicht des Aufgabematerials verschmolzen wird, und sodass sich der zweite Pfad in einer dritten Richtung in einem Nicht-Null-Winkel relativ zur zweiten Richtung erstreckt, wenn eine zweite Schicht des Aufgabematerials verschmolzen wird.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

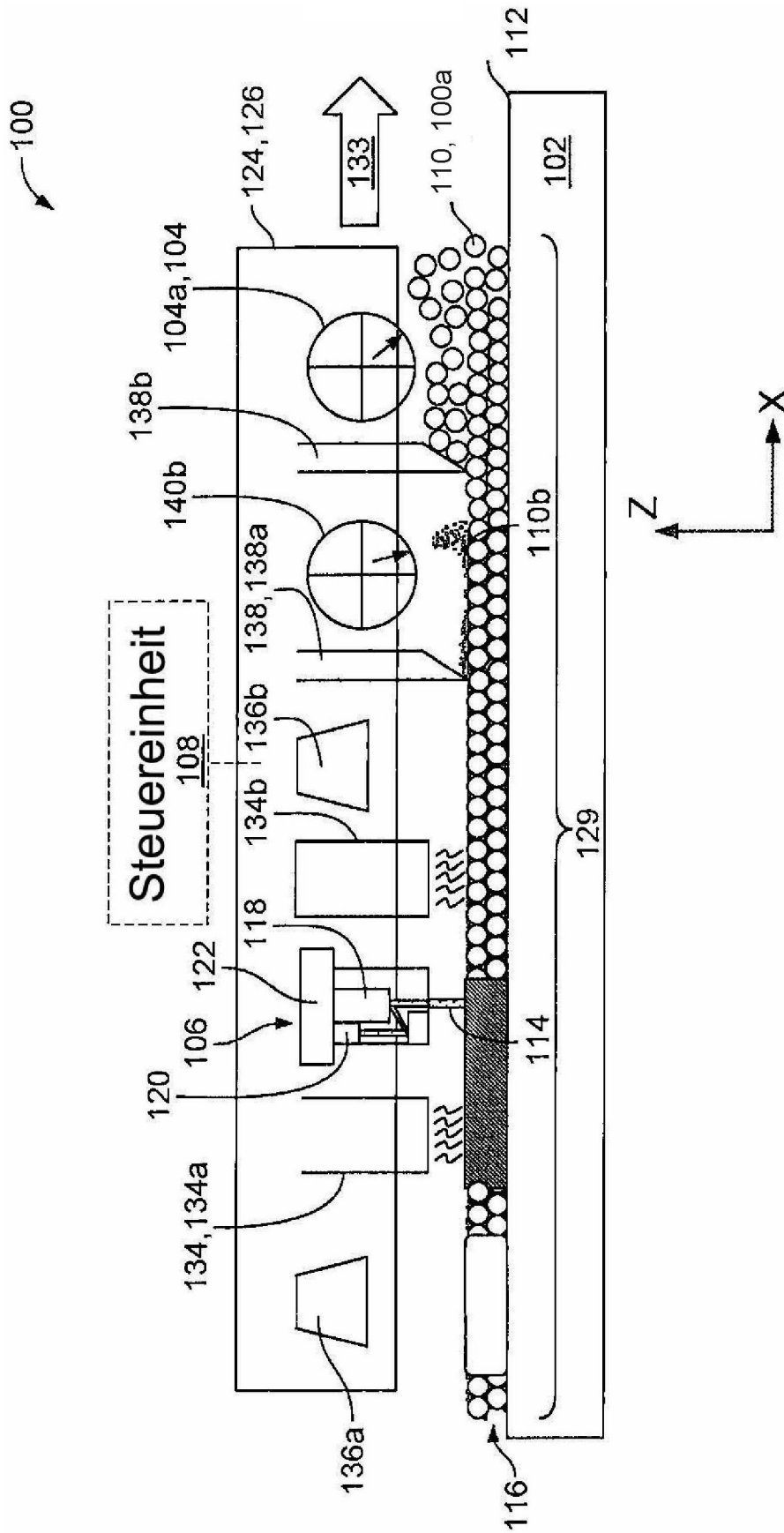


FIG. 1A

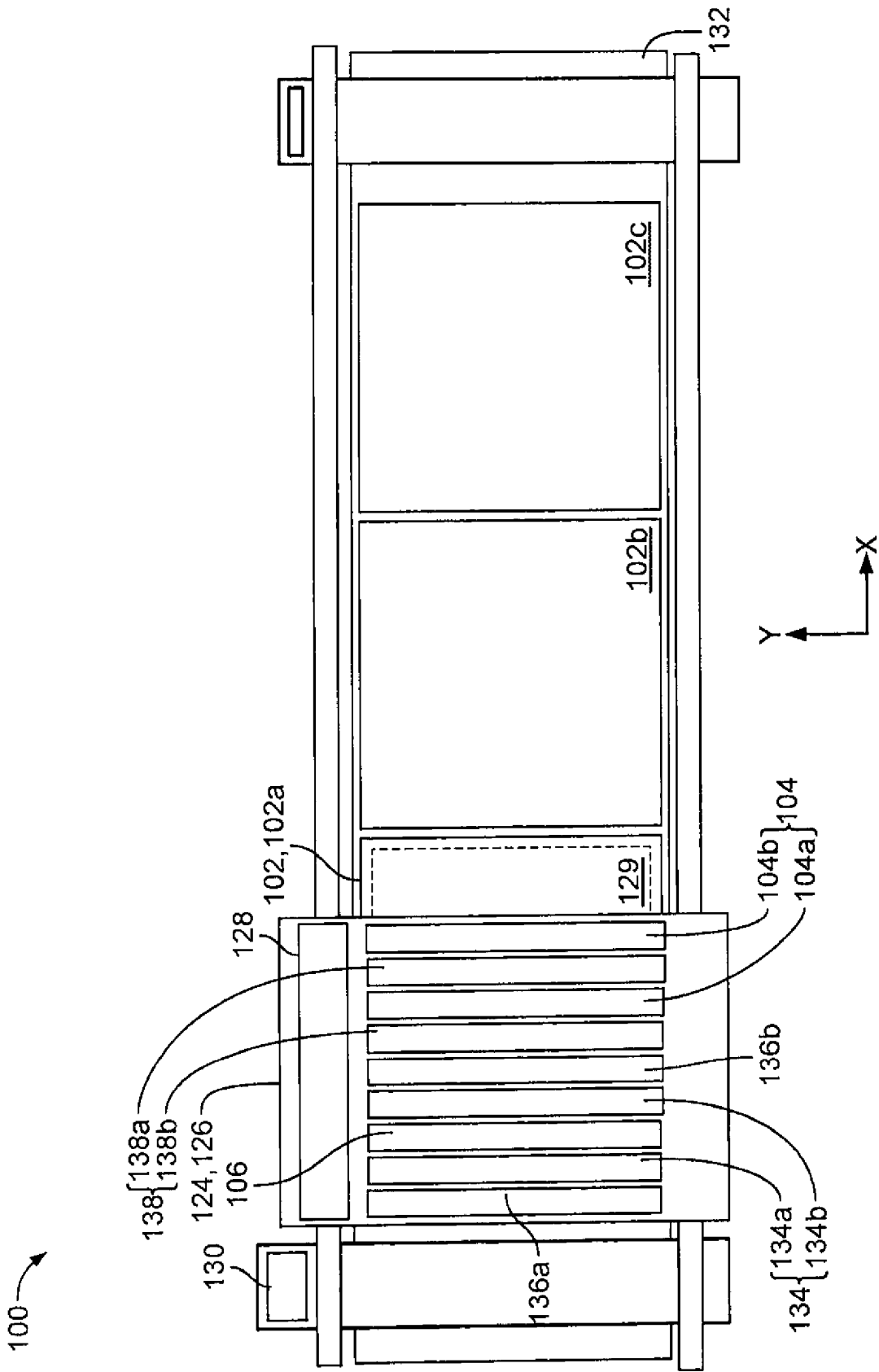


FIG. 1B

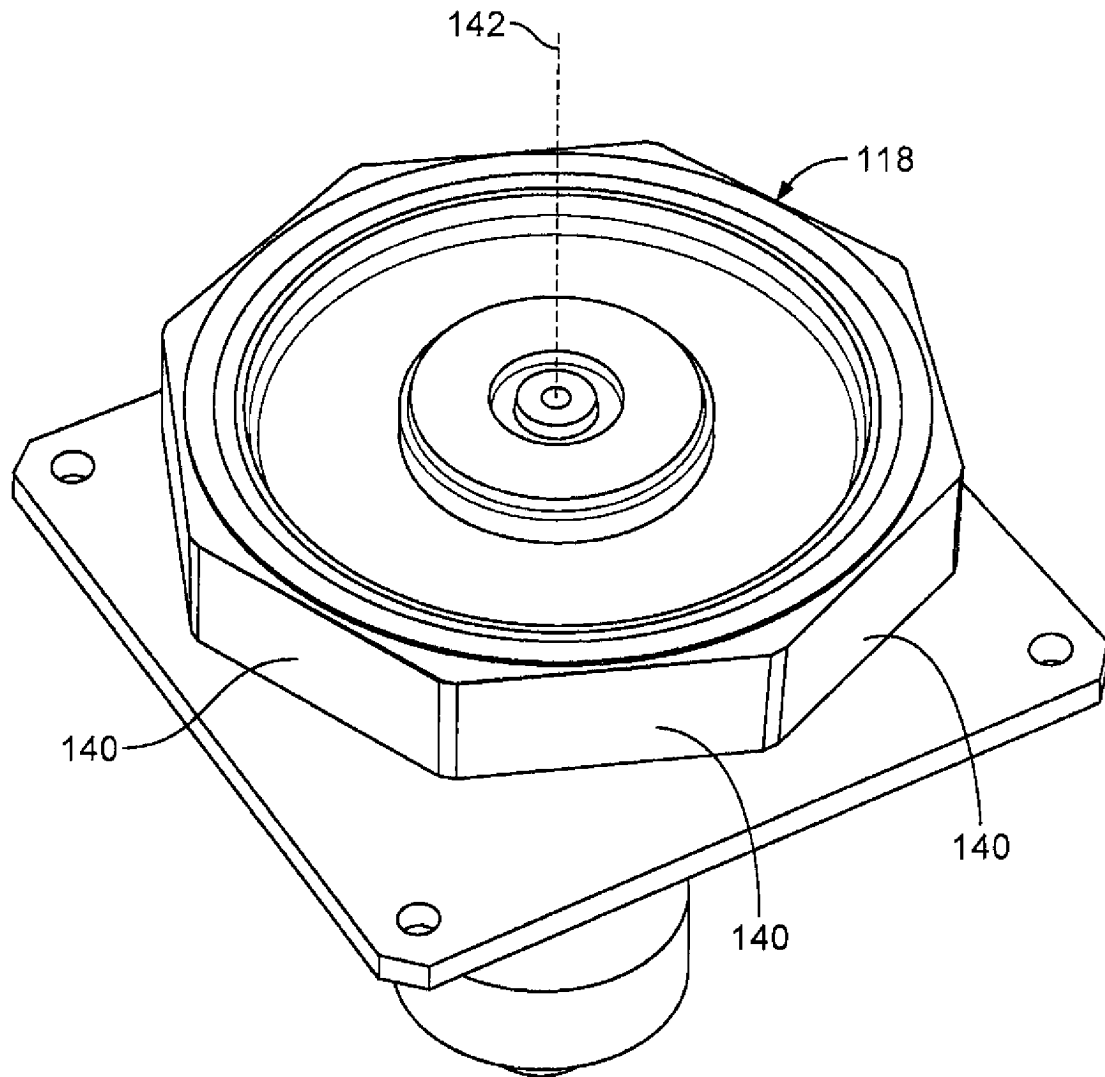


FIG. 2

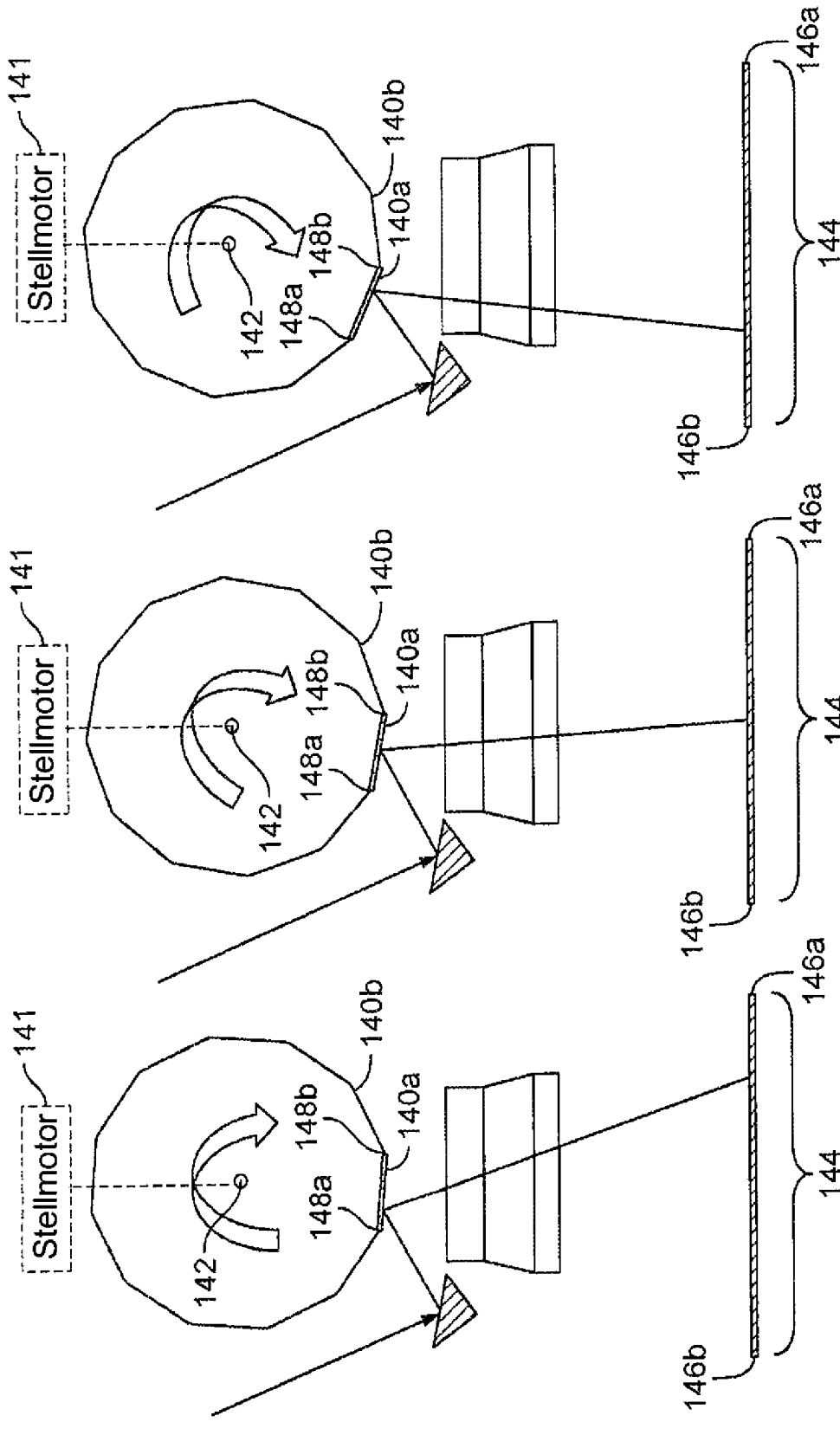
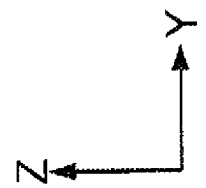
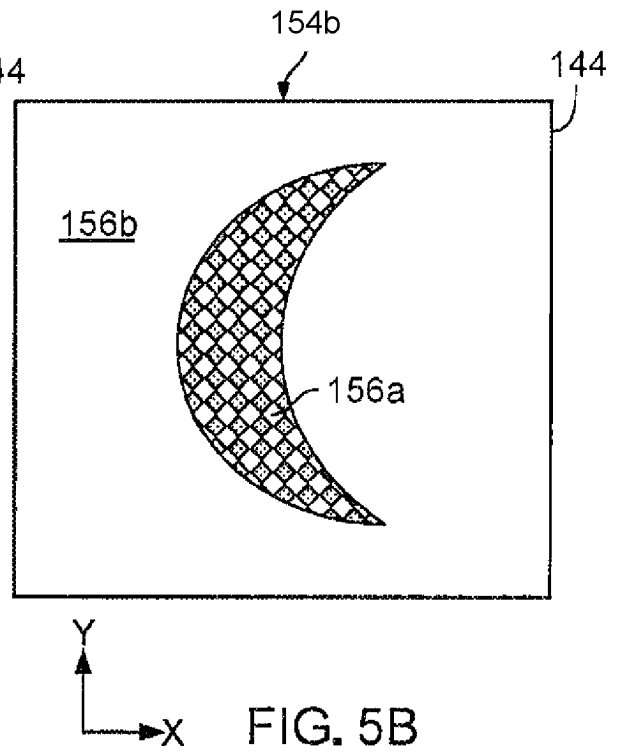
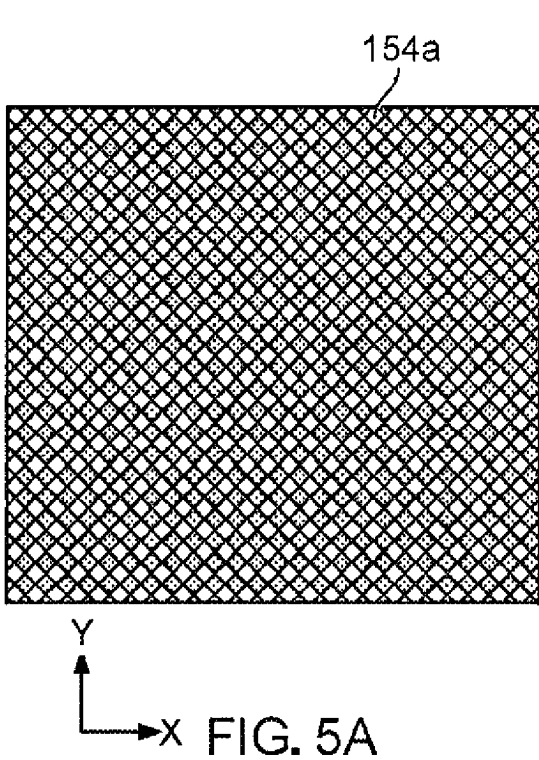
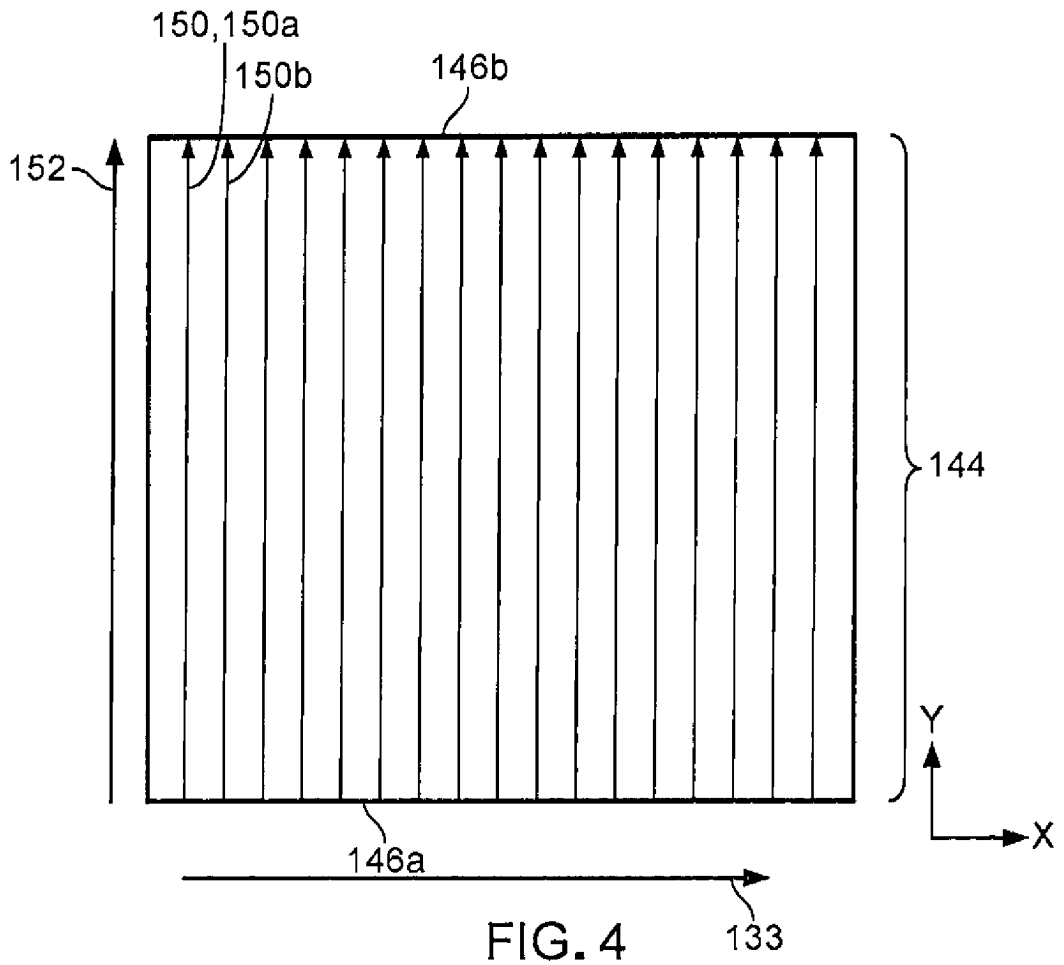


FIG. 3C

FIG. 3B

FIG. 3A







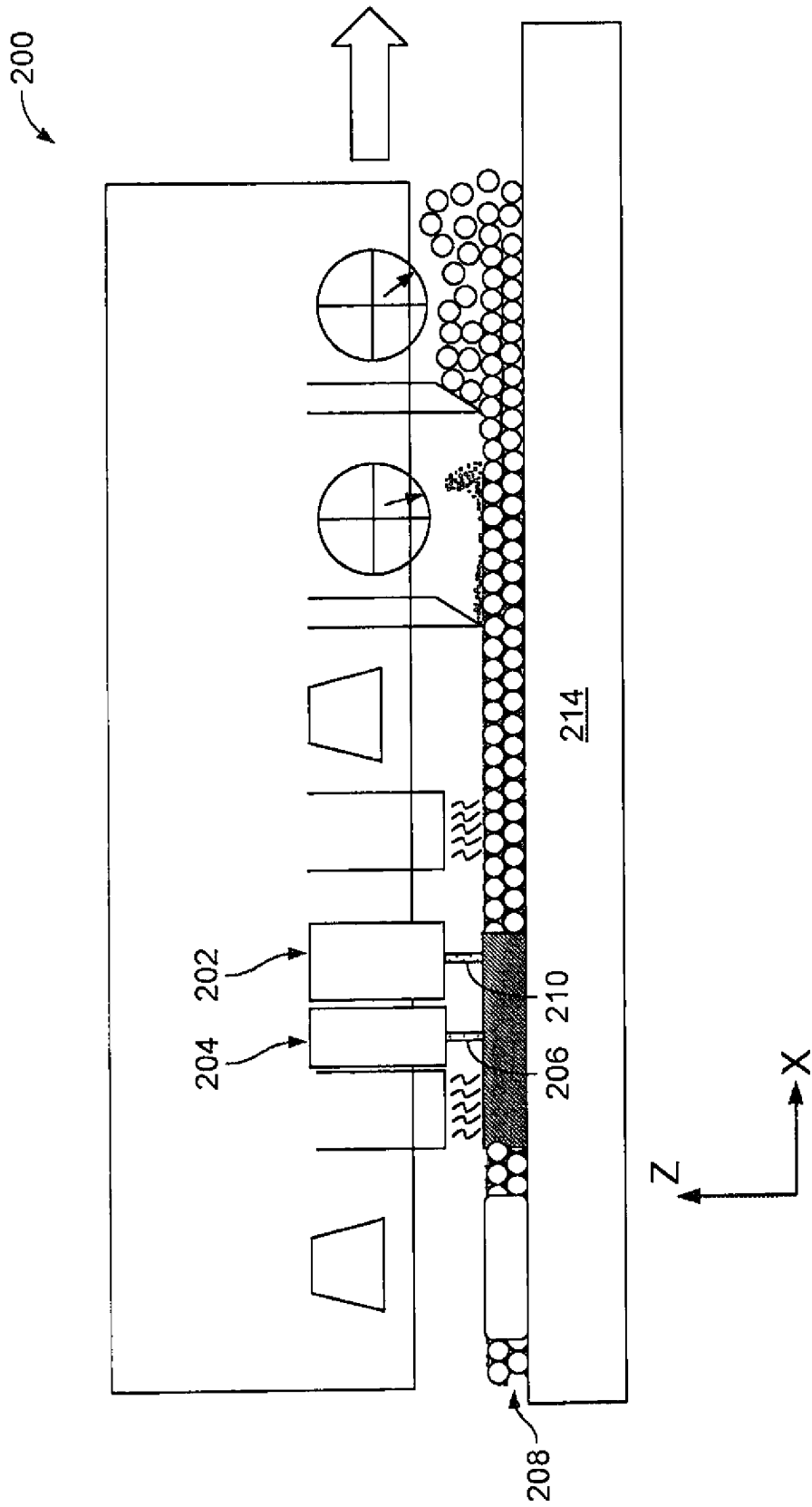


FIG. 6A

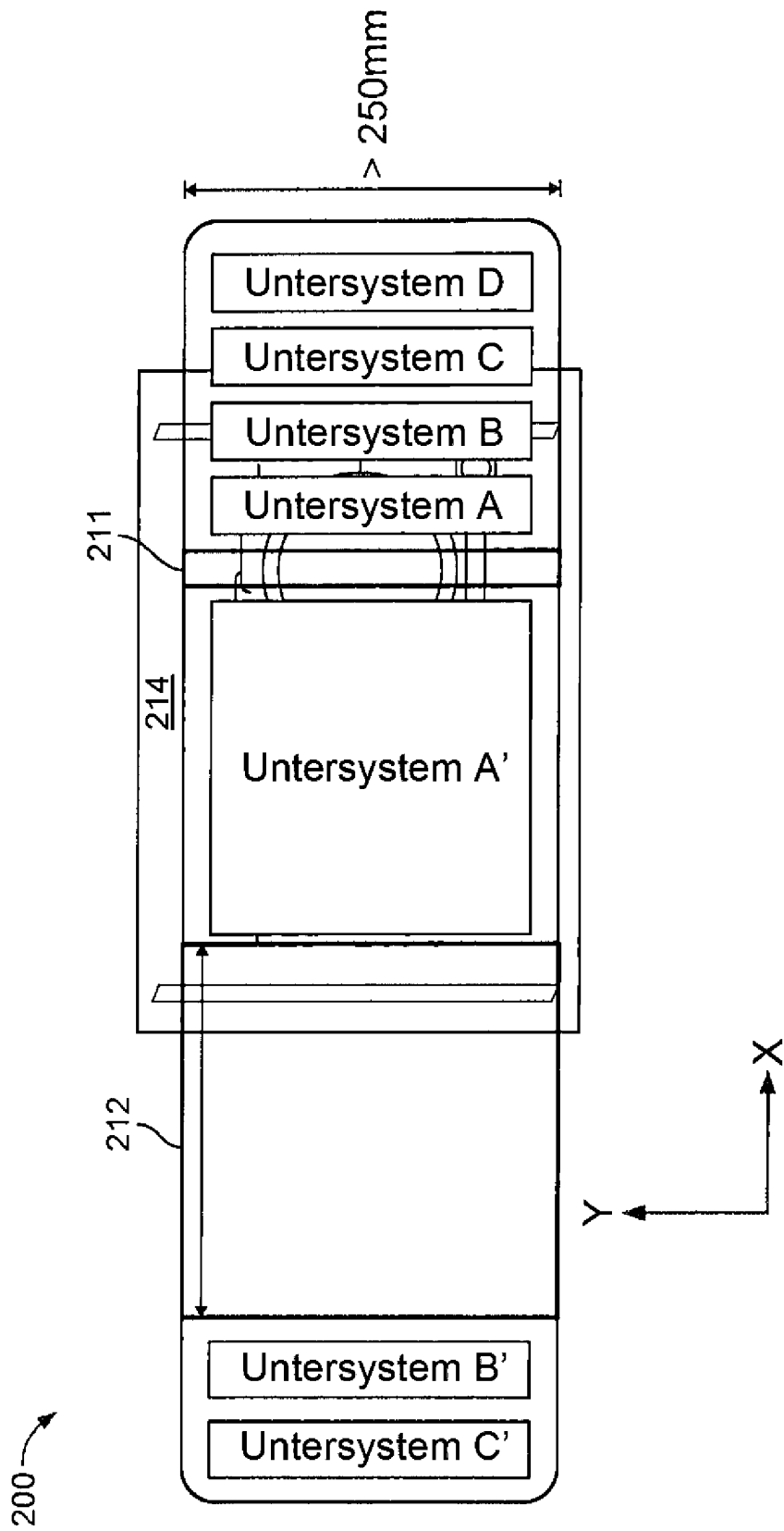


FIG. 6B

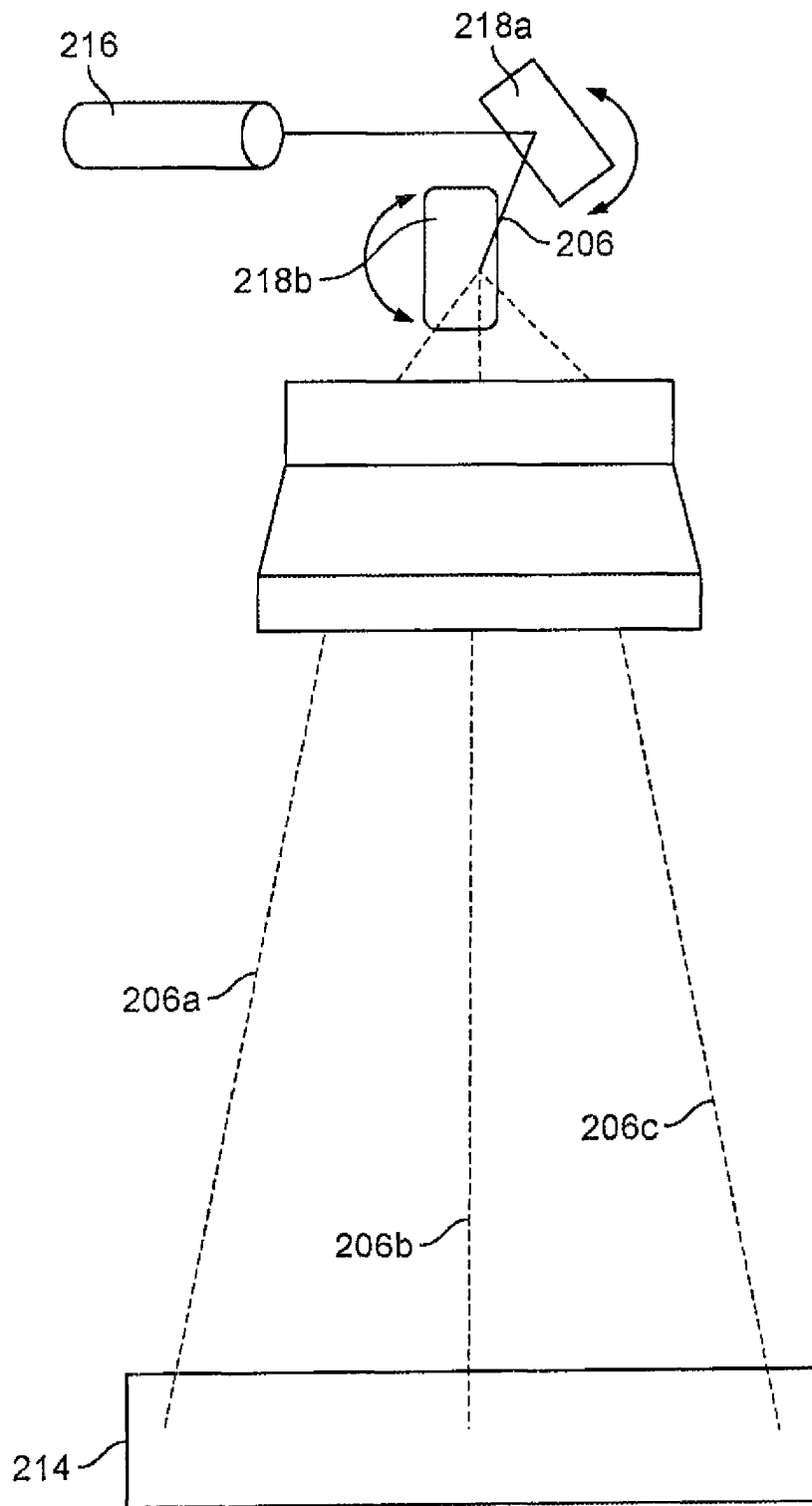


FIG. 7

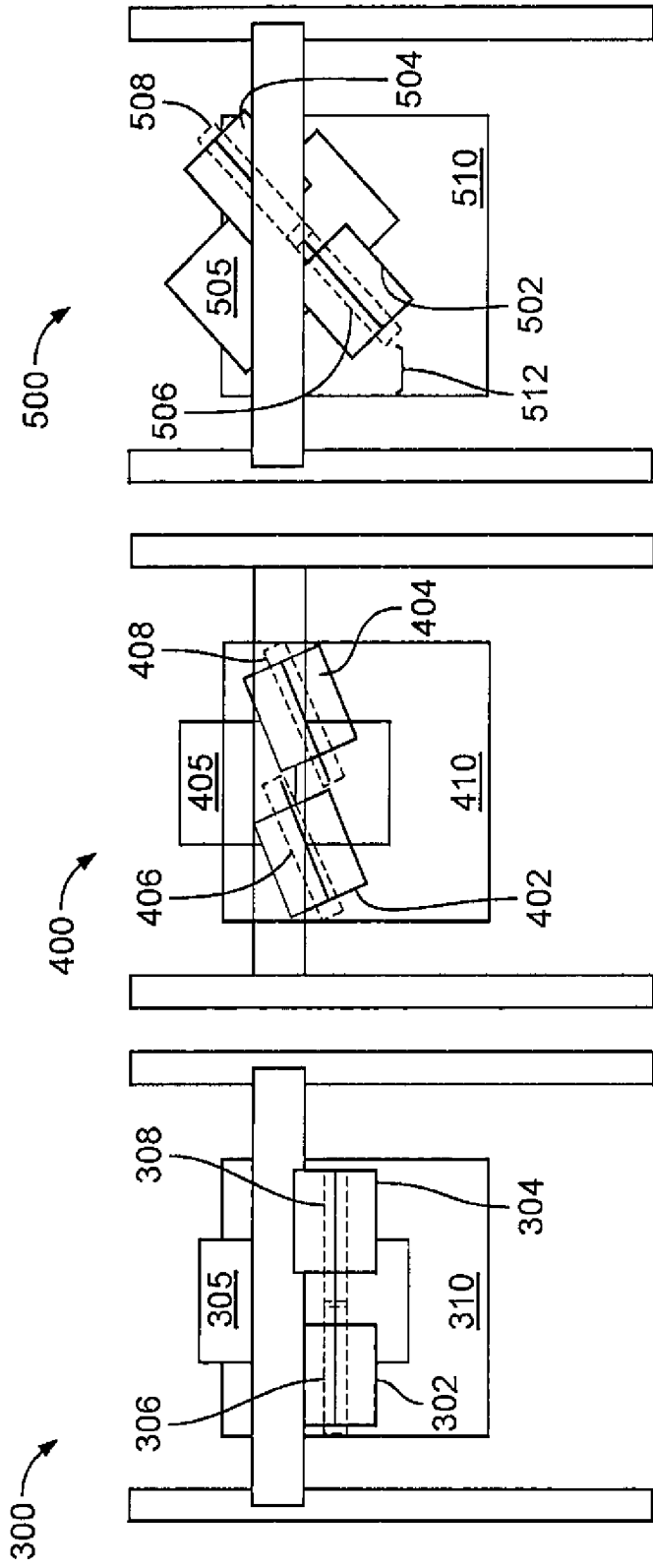


FIG. 8C

FIG. 8B

FIG. 8A

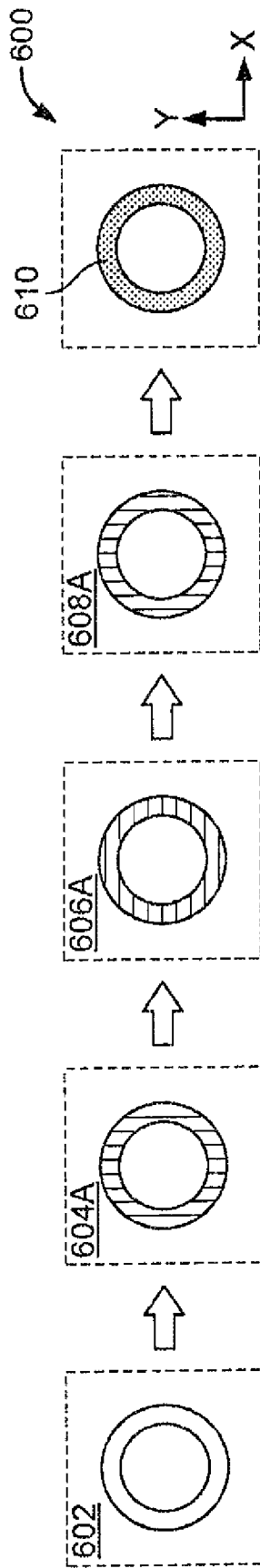


FIG. 9A

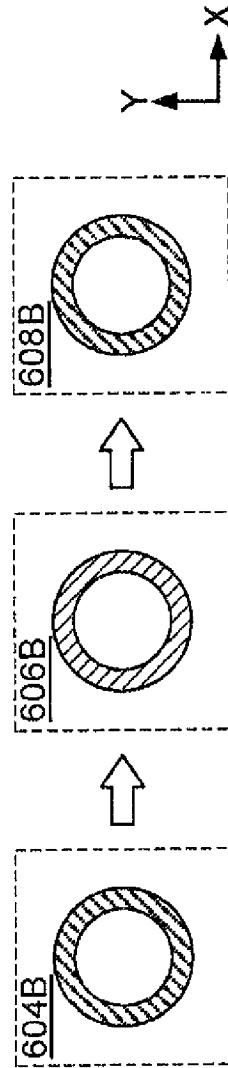


FIG. 9B

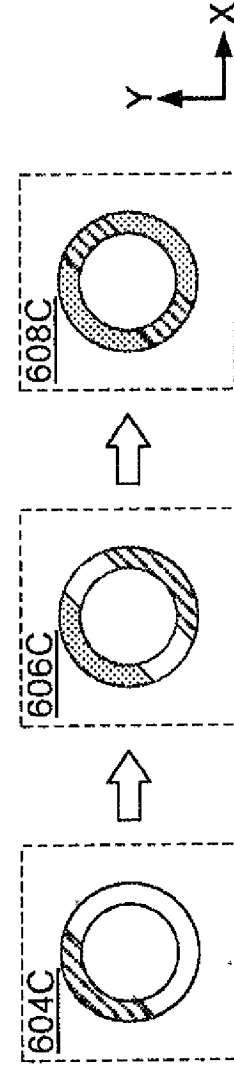


FIG. 9C

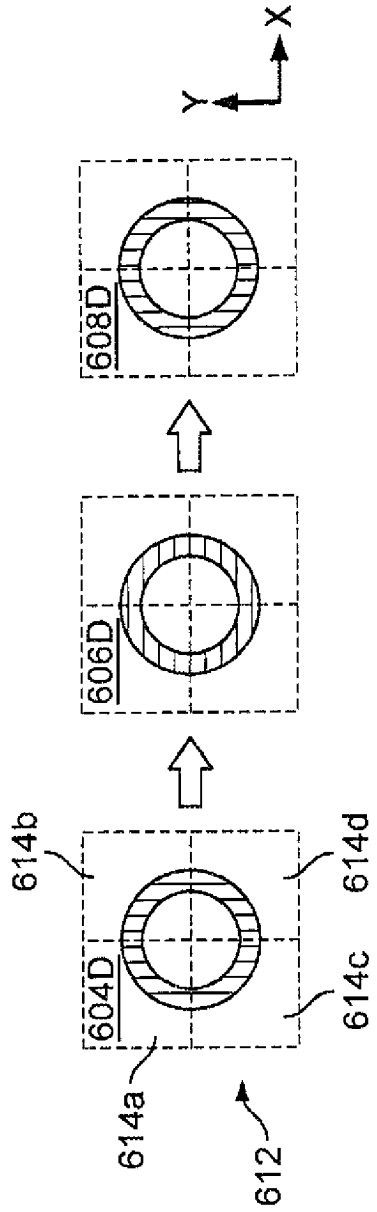


FIG. 9D

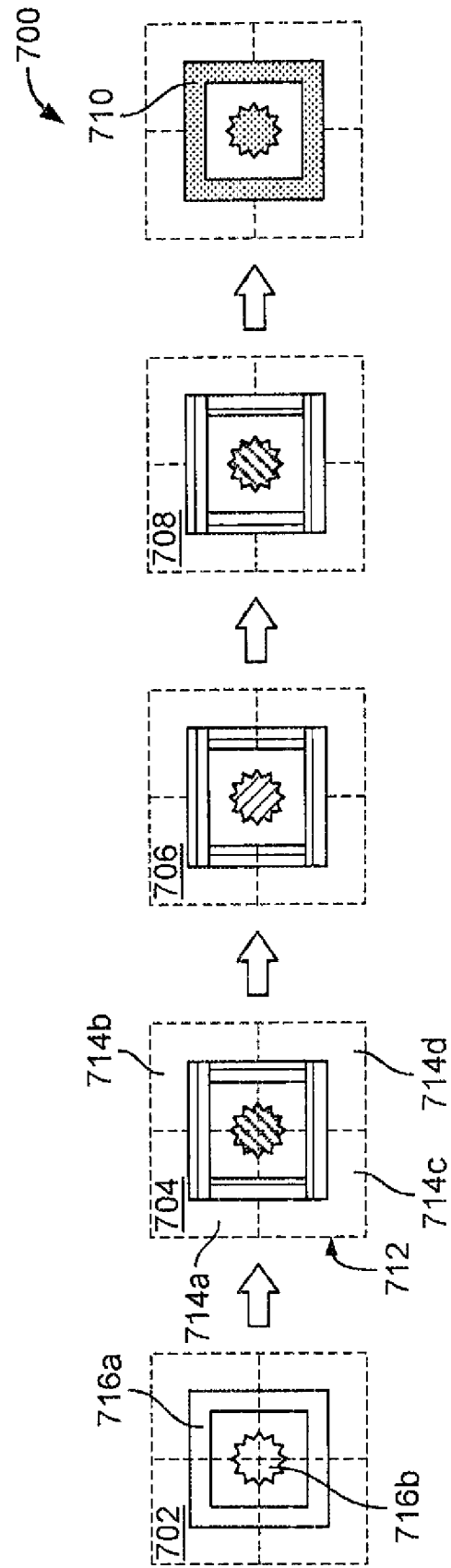


FIG. 10