



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 112020002184-9 A2



(22) Data do Depósito: 02/08/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 28/07/2020

(54) Título: FABRICAÇÃO DE FORMA LIVRE SÓLIDA UTILIZANDO INFUSÃO IN SITU E GERAÇÃO DE IMAGEM

(51) Int. Cl.: G02B 7/182; G02B 7/02; G02B 7/18; G02B 7/04; G03B 21/14; (...).

(30) Prioridade Unionista: 02/08/2017 US 62/540,392.

(71) Depositante(es): TRIO LABS, INC..

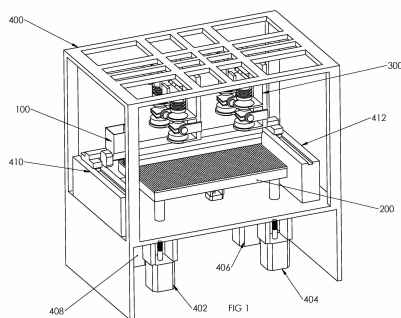
(72) Inventor(es): ADAM T.C. STEEGE.

(86) Pedido PCT: PCT US2018044938 de 02/08/2018

(87) Publicação PCT: WO 2019/028215 de 07/02/2019

(85) Data da Fase Nacional: 31/01/2020

(57) Resumo: A presente invenção refere-se a um dispositivo de fabricação que inclui uma plataforma para receber camadas de material de construção para a produção de uma representação sólida tridimensional de um modelo digital, um componente para depositar camadas de material de construção, e um componente de imagem para ligar as respectivas partes do material de construção em seções transversais representativas de partes dos dados contidos no modelo digital. O primeiro componente de imagem pode ser uma fonte de luz planar programável utilizando mecanismo de deslocamento de pixel de refração especializado ou outro sistema de imagem. A plataforma inclui um sistema de infusão para fornecer resina fotocurável ao componente que está sendo construído. O objeto pode ser um componente compósito em pó usando qualquer um de uma variedade de materiais em pó ou um componente plástico.



“FABRICAÇÃO DE FORMA LIVRE SÓLIDA UTILIZANDO INFUSÃO IN SITU E GERAÇÃO DE IMAGEM”

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDO RELACIONADO

[001]O presente pedido reivindica o benefício do pedido de patente provisória US. No. 62/540.392, depositado em 2 de agosto de 2017, cuja descrição é aqui incorporada por referência em sua totalidade.

CAMPO DA TÉCNICA

[002]O assunto aqui descrito refere-se geralmente à fabricação de objetos de forma livre sólida. Mais particularmente, o assunto aqui descrito refere-se a sistemas, dispositivos e métodos para a fabricação de objetos de forma livre sólida a partir de metal, plástico, cerâmica e materiais compósitos compreendendo combinações de um ou mais tipos de materiais.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[003]As modalidades aqui descritas geralmente se referem a dispositivos e métodos para a fabricação de objetos de forma livre sólida a partir de metal, plástico, cerâmica e materiais compósitos compreendendo combinações de um ou mais tipos de materiais.

[004]A fabricação aditiva (AM), também conhecida como fabricação de forma livre sólida (SFF), impressão 3D (3DP), fabricação digital direta (DDM) e geração de imagem sólida, tornou-se cada vez mais um método amplamente adotado de prototipagem tanto de peças visualmente demonstrativas quanto funcionais. Em alguns casos, isso também se tornou um meio econômico para a fabricação da produção. Existe uma grande variedade de meios para a produção de componentes baseados em modelos digitais, e todos reduziram o tempo e o custo necessários para um ciclo completo de projeto, o que melhorou o ritmo da inovação em muitos setores.

[005]Geralmente, a SFF é realizada em camadas, onde um modelo digital é dividido em fatias horizontais, e cada fatia é produzida como uma imagem 2D em uma

superfície de construção. A fabricação sequencial dessas fatias produz uma coleção agregada de camadas finas que coletivamente compõem o objeto tridimensional representado pelo modelo digital. Em contraste com as técnicas tradicionais de fabricação, tal como usinagem controlada por computador (CNC), moldagem por injeção e outros meios, a SFF reduziu acentuadamente o tempo e o custo de produção e, como tal, tem sido amplamente adotada para fins de pesquisa e desenvolvimento onde a produção de baixo volume com os meios tradicionais seria extremamente dispendiosa. Além disso, os dispositivos SFF geralmente exigem menos experiência para operar quando comparados às máquinas CNC. O custo de partes individuais produzidas em máquinas CNC é geralmente mais alto, devido a tempos de configuração mais longos e custos mais altos de operação da máquina. As peças produzidas por CNC geralmente apresentam recursos mais fortes e detalhados do que as peças produzidas por SFF, o que pode torná-las desejáveis para algumas aplicações. Até que as técnicas de SFF possam produzir partes com a resolução e a funcionalidade das peças produzidas por CNC, o uso de SFF na produção das peças permanecerá restrito.

[006]A Moldagem por Injeção de Pó (PIM) é uma técnica de produção em massa que tem sido amplamente adotada como um meio de produzir componentes de alta precisão em materiais que não seriam tradicionalmente possíveis com outros métodos de moldagem. Um pó é blendado com um ligante de resina para formar uma matéria-prima de injeção, que é injetada em um molde, semelhante à moldagem por injeção de plástico. A peça produzida é uma peça compósita em pó, denominada peça “verde”. A peça verde é submetida a um processo denominado desaglutinação, no qual a maior parte do ligante é removida. A parte resultante é chamada de peça “marrom”. Essa peça marrom é então submetida a tratamento térmico para fazer com que as partículas de pó sinterizem juntas. A peça encolhe durante esse processo, e os vazios entre as partículas de pó são removidos. O resultado final é uma peça com

densidade quase total. Pós-processamento adicional pode ser utilizado para atingir mais de 99,5% de densidade.

[007]Algumas das técnicas mais comuns para SFF incluem estereolitografia (SLA), modelagem de deposição seletiva (SDM), modelagem de deposição fundida (FDM), e sinterização seletiva a laser (SLS). Essas abordagens variam no tipo de materiais que elas podem usar, na maneira como as camadas são criadas, e na subsequente resolução e qualidade das peças produzidas. Tipicamente, as camadas são produzidas em um método de deposição de material a granel, ou em um método de deposição seletiva de material. Nas técnicas que empregam um método de deposição em massa para a produção de camadas, a geração de imagens em camadas é normalmente realizada por um processo térmico, químico ou óptico. Existe uma tecnologia, o jateamento de ligante, que utiliza cabeças de impressão a jato de tinta para depositar o ligante em um leito de pó para produzir uma peça semelhante à peça verde descrita anteriormente em um processo PIM. Essa peça verde pode ser pós-processada da mesma maneira para produzir um componente final. Infelizmente, devido a imperfeições no processo de produção da peça verde, os componentes finais produzidos por esse processo geralmente não atendem às tolerâncias para aplicações de alta precisão. Além disso, a precisão e a velocidade do processo de jateamento de ligante são limitadas.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[008]As modalidades de um dispositivo para fabricação de forma livre sólida e métodos associados são aqui descritos para a produção de componentes (por exemplo, peças de plástico, metal e cerâmica) para uma variedade de aplicações.

[009]Em algumas modalidades, os métodos e dispositivos SFF descritos neste documento podem incluir uma superfície para receber camadas de material para a produção de uma representação sólida tridimensional de um modelo digital, um componente ou componentes para depositar as camadas necessárias de material de

construção, e um componente ou componentes para geração de imagens do material de construção em seções transversais representativas dos dados contidos em um modelo digital. Em uma modalidade, o material de construção é composto de um material particulado (por exemplo, pó) e um material de resina fotocurável. Um dispositivo de transferência de pó é configurado para entregar um material em pó a uma plataforma de construção, um sistema de fornecimento de material fotocurável está em comunicação com a plataforma de construção e é configurado para entregar pelo menos um material fotocurável a pelo menos uma parte do material em pó depositado, e um dispositivo de imagem é configurado para irradiar seletivamente o material fotocurável para solidificar pelo menos parcialmente uma camada de um componente compósito em pó. A combinação de materiais particulados e materiais de resina fotocurável na superfície de construção supera as restrições reológicas dos dispositivos mencionados acima que foram utilizados para produzir peças compósitas em pó.

[010]Além disso, em algumas modalidades, os métodos e dispositivos descritos abaixo podem utilizar material particulado (por exemplo, cerâmica, plástico ou metal) como um dos materiais de construção. As peças produzidas a partir deste dispositivo podem ser tratadas após a conclusão do processo de construção para facilitar a ligação entre as partículas adjacentes. Esse tratamento inclui, mas não está limitado ao tratamento térmico, químico e de pressão, e combinações dos mesmos. Os resultados deste processo de fabricação e tratamento incluem, entre outros, peças metálicas sólidas, peças cerâmicas sólidas, peças plásticas sólidas, peças metálicas porosas, peças cerâmicas porosas, peças plásticas porosas, peças plásticas compósitas sólidas, e peças compósitas compreendendo um ou mais tipos de materiais.

[011]A deposição de material de material particulado pode ser alcançada por vários meios, incluindo, entre outros, o espalhamento por um mecanismo de lâmina,

espalhamento por uma combinação de um sistema de medição de pó e mecanismo de lâmina, espalhamento por uma combinação de um sistema de medição de pó e um mecanismo de rolo, deposição eletrostática em uma superfície de transferência seguida de deposição em uma superfície de construção, e deposição eletrostática em um mecanismo de rolo seguida de deposição em superfície de construção. A infusão de um material fotocurável (por exemplo, resina) pode ser alcançada através da infusão através do corpo do componente que está sendo construído através de uma plataforma de construção de infusão especializada.

[012]A geração de imagem em camadas pode ser alcançada por vários meios, incluindo, mas não limitados a, geração de imagens em massa com uma fonte de luz plana programável, tal como um projetor DLP, em que um sistema de deslocamento de pixel de refração é utilizado para aumentar a resolução efetiva do sistema de projeção.

[013]Além disso, em um aspecto, é fornecido um dispositivo de fabricação de forma livre sólida, de modo que objetos compósitos de material particulado e material de resina possam ser produzidos a partir de dados digitais representativos de um determinado objeto tridimensional.

[014]Em outro aspecto, é fornecido um dispositivo SFF que utiliza técnicas de deposição a granel para a produção de camadas de material.

[015]Em outro aspecto, é fornecido um dispositivo SFF que combina material particulado com material de resina fotocurável para a produção de camadas compósitas de material.

[016]Em outro aspecto, é fornecido um dispositivo SFF que permite a intercambiabilidade dos componentes de material para permitir o uso de uma ampla variedade de combinações de materiais.

[017]Em outro aspecto, é fornecido um dispositivo SFF que alcança a produção de camadas compósitas através de infusão in situ de camadas de pó através

de uma plataforma de construção de infusão.

[018]Em outro aspecto, os objetos produzidos a partir de um dispositivo SFF podem ser tratados térmica, química ou mecanicamente para melhorar a adesão interna dos componentes de material.

[019]Em outro aspecto, o tratamento pode incluir pressurização em uma câmara de fluido, exposição a um solvente, elevação de temperatura para facilitar a ligação de material particulado, elevação de temperatura para aliviar tensões internas derivadas do processo de construção, ou sinterização parcial de material particulado seguida de infusão com um material terciário, que pode incluir um material cerâmico e / ou metálico com um ponto de fusão mais baixo do que o material particulado primário.

[020]Em outro aspecto, um sistema de retorno pode ser usado para otimizar a taxa de deposição de material.

[021]Em outro aspecto, um sistema de medição de pó pode ser usado em conjunto com um sistema de retorno para otimizar a taxa de deposição de material.

[022]Outras características da presente invenção tornar-se-ão mais prontamente evidentes a partir da seguinte descrição detalhada da invenção tomada em conjunto com os desenhos em anexo.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[023]As modalidades preferenciais da presente invenção serão descritas abaixo com referência aos desenhos, onde:

[024]A Figura 1 é uma vista em perspectiva elevada de uma máquina para fabricação de forma livre sólida, de acordo com uma modalidade do assunto atualmente descrito.

[025]A Figura 2 é uma vista em perspectiva elevada de um módulo de deposição de pó, como representado na máquina na Figura 1.

[026]A Figura 3 é uma vista explodida do módulo na Figura 2.

[027]A Figura 4 é uma vista em perspectiva de cima do módulo na Figura 2.

[028]A Figura 5A é uma representação esquemática do sistema de medição de pó usado no módulo na Figura 2 em uma primeira configuração.

[029]A Figura 5B é uma representação esquemática do sistema de medição de pó usado no módulo na Figura 2 em uma segunda configuração.

[030]A Figura 6 é uma vista em perspectiva de baixo do módulo na Figura 2.

[031]A Figura 7 é uma vista em perspectiva de cima de uma modalidade alternativa de um módulo de deposição de pó para uso na máquina na Figura 1.

[032]A Figura 8 é uma representação esquemática de uma segunda modalidade do módulo na Figura 2.

[033]A Figura 9 é uma representação esquemática de uma terceira modalidade do módulo na Figura 2.

[034]A Figura 10 é uma representação esquemática de uma quarta modalidade do módulo na Figura 2.

[035]A Figura 11 é uma representação esquemática de uma quinta modalidade do módulo na Figura 2.

[036]A Figura 12 é uma vista em perspectiva elevada da plataforma de construção da máquina na Figura 1.

[037]A Figura 13 é uma vista em perspectiva de baixo da plataforma de construção na Figura 12.

[038]A Figura 14 é uma vista explodida da plataforma de construção na Figura 12.

[039]A Figura 15 é uma vista em seção da plataforma de construção na Figura 12.

[040]A Figura 16 é uma vista em perspectiva elevada do componente de distribuição de resina da plataforma de construção na Figura 12.

[041]A Figura 17 é uma vista em perspectiva elevada de um módulo de

projeção da máquina na Figura 1.

[042]A Figura 18 é um diagrama esquemático do sistema de deslocamento de pixels do módulo de projeção na Figura 17.

[043]A Figura 19 é uma vista em perspectiva elevada de uma segunda modalidade do módulo de projeção na Figura 17.

[044]A Figura 20 é uma vista em perspectiva elevada de um componente de Dispositivo de Micro-espelhos Digitais do módulo de projeção na Figura 17 em uma primeira configuração.

[045]A Figura 21 é uma vista em perspectiva elevada de um componente de Dispositivo de Micro-espelhos Digitais do módulo de projeção na Figura 17 em uma segunda configuração.

[046]A Figura 22 é uma vista em perspectiva elevada de uma segunda modalidade de um componente de Dispositivo de Micro-espelhos Digitais do módulo de projeção na Figura 17.

[047]A Figura 23 é uma vista de cima de uma área de geração de imagens correspondente ao Dispositivo de Micro-espelhos Digitais na Figura 20 em uma primeira configuração.

[048]A Figura 24 é uma vista de cima de uma área de geração de imagens correspondente ao Dispositivo de Micro-espelhos Digitais na Figura 20 em uma segunda configuração.

[049]A Figura 25 é uma vista de cima de uma área de geração de imagens correspondente ao Dispositivo de Micro-espelhos Digitais na Figura 20 em uma terceira configuração.

[050]A Figura 26A é uma vista em perspectiva elevada de um componente que pode ser produzido com a máquina na Figura 1.

[051]A Figura 26B é uma vista em perspectiva de baixo do componente na Figura 26A.

[052]A Figura 27 é uma vista de cima de uma área de geração de imagens correspondente à fabricação de uma primeira seção do componente na Figura 26A.

[053]A Figura 28 é uma vista de cima de uma área de geração de imagens correspondente à fabricação de uma segunda seção do componente na Figura 26A.

[054]A Figura 29 é uma vista de cima de uma área de geração de imagens correspondente à fabricação de uma terceira seção do componente na Figura 26A.

[055]A Figura 30A é uma vista em perspectiva elevada do componente na Figura 26A em uma segunda configuração.

[056]A Figura 30B é uma vista em seção do componente na Figura 30A.

[057]A Figura 31 é uma vista esquemática de um processo de aumentar a precisão no processo implementado na máquina na Figura 1 em uma primeira configuração.

[058]A Figura 32 é uma vista esquemática de um processo de aumentar a precisão no processo implementado na máquina na Figura 1 em uma segunda configuração.

[059]A Figura 33 é um sistema de geração de imagens que compreende um método alternativo de geração de imagens do material no processo implementado na máquina na Figura 1.

[060]A Figura 34 é uma modalidade alternativa do módulo de projeção na Figura 17, em relação ao sistema na Figura 33.

[061]A Figura 35 é uma vista em perspectiva de baixo da máquina na Figura 1.

[062]A Figura 36 é um fluxograma algorítmico que descreve um método de correção de erros para o módulo de projeção na Figura 19.

[063]A Figura 37 é um fluxograma algorítmico que descreve um método para adaptar automaticamente o sistema na Figura 1 a diferentes materiais em pó.

[064]A Figura 38 é um fluxograma algorítmico que descreve um método de

correção de erros para compensar imperfeições em um processo de deposição de pó.

[065]A Figura 39 é uma vista em perspectiva de cima de um processo de construção da máquina na Figura 1 envolvendo material de suporte para facilitar o rendimento melhorado do sistema em uma primeira configuração.

[066]A Figura 40 é uma vista em perspectiva de cima de um processo de construção da máquina na Figura 1 envolvendo material de suporte para facilitar o rendimento melhorado do sistema em uma segunda configuração.

[067]A Figura 41A é uma vista em perspectiva de cima da peça que está sendo construída na Figura 40.

[068]A Figura 41B é uma vista em perspectiva de baixo da peça que está sendo construída na Figura 40.

[069]A Figura 42 é uma vista em perspectiva de cima de um sistema de automação para manipular as peças que estão sendo construídas na Figura 40.

[070]A Figura 43 é uma representação esquemática de um método de produção de recursos removíveis das peças que estão sendo construídas na Figura 40.

[071]A Figura 44A é uma vista em perspectiva de cima da peça na Figura 41A com vetores utilizados no pós-processamento.

[072]A Figura 44B é uma vista em perspectiva de baixo da peça na Figura 44A.

[073]A Figura 45 é uma vista em perspectiva de cima de um conjunto de peças e material de suporte que podem ser construídos com a máquina na Figura 1.

[074]A Figura 46 é uma vista explodida das peças e material de suporte na Figura 45.

[075]A Figura 47 é uma vista em perspectiva de cima de uma seção do material de suporte na Figura 45.

[076]A Figura 48 é uma vista em perspectiva elevada de outra modalidade de

um sistema de medição de pó.

[077]A Figura 49 é uma primeira vista em seção do sistema na Figura 48.

[078]A Figura 50 é uma segunda vista em seção do sistema na Figura 48.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[079]A litografia de pó com infusão de resina (RIPL) é uma tecnologia baseada em três processos principais: deposição de pó, infusão de pó, e geração de imagens. A Figura 1 mostra uma máquina (400) para SFF com base nessa tecnologia, incluindo um módulo de deposição de pó (100), uma plataforma de infusão de pó (200), e um sistema de geração de imagens, que pode ser composto por vários módulos de projeção (300). O módulo de deposição de pó (100) se move através da plataforma de infusão de pó (200), tal como por meio de atuadores lineares (410, 412), depositando pó à medida que atravessa a plataforma (200). A plataforma (200) é abaixada, tal como por atuadores verticais (402.404.406.408), de modo que as camadas subsequentes de material podem ser depositadas para construir um objeto tridimensional. Um material fotocurável, tal como uma resina, que é entregue a partir de um sistema de fornecimento é infundido em pelo menos uma parte do pó depositado através da plataforma de infusão (200), e o material fotocurável é seletivamente irradiado usando a luz emitida a partir dos módulos de projeção (300) para solidificar pelo menos parcialmente uma camada de um componente compósito em pó. Isso cria uma peça em camadas, cujos detalhes serão elaborados abaixo.

[080]As Figuras 2 a 4 representam o módulo de deposição de pó (100) em mais detalhes. O módulo (100) é composto por uma tremonha de pó (102) a partir da qual o pó (116) pode ser distribuído. Em algumas modalidades, o pó é retirado da tremonha (102) para um coletor de medição de pó (106) que é configurado para distribuir o pó (116) (por exemplo, disperso substancialmente uniformemente) ao longo do comprimento do módulo (100). Em algumas modalidades, o coletor de pó (106) se estende linearmente em uma primeira direção e é configurado para transladar

em uma segunda direção, tal como substancialmente perpendicular à primeira direção, para distribuir uma camada do material em pó na plataforma (200). Em algumas modalidades, por exemplo, um parafuso de distribuição de pó (110) acionado por um atuador rotativo (104) é posicionado em comunicação com a tremonha (102) e o coletor (106). Como pode ser visto em detalhes na Figura 4, o parafuso de distribuição de pó (110) traz o pó (116) da tremonha (102) para o coletor de medição de pó (106).

[081]As Figuras 5A e 5B mostram a maneira pela qual o pó (116) é medido a partir do coletor (106). O coletor (106) pode incluir um ou mais caminhos estreitos, aqui definidos por duas superfícies planas paralelas (120,122), que são configuradas para entregar o material em pó para a plataforma de construção. Normalmente, quando o pó (116) é escoado através de um espaço estreito desse tipo, forma-se um arco (124) e / ou o movimento do pó é, de outra forma, impedido (por exemplo, via eletrostática, van der Waals ou outra força que possa causar aglomeração, ou outros meios) e o fluxo é interrompido. Se as superfícies definidoras (120,122) do caminho de fluxo são estimuladas mecanicamente (por exemplo, osciladas lateralmente, como mostrado na Figura 5B), isso rompe o arco (124) e permite que o pó (116) flua livremente. Alternativamente, ou além disso, o pó pode, de outro modo, ser agitado para estimular o fluxo através do coletor. Em qualquer configuração, esse tipo de estímulo mecânico fornece um mecanismo para ativar e desativar o fluxo de pó. Nesse aspecto, em algumas modalidades, o pó (116) pode ser medido de forma controlável a partir do coletor (106). Especificamente, em algumas modalidades, um ou mais atuadores do coletor (112) podem ser configurados para controlar a distribuição de pó a partir do coletor agitando o material em pó em ou próximo a pelo menos um dos um ou mais caminhos estreitos para fazer com que o material em pó flua através de pelo menos um dos respectivos um ou mais caminhos estreitos. Em algumas modalidades, os sensores de acúmulo de pó (114) podem ser usados como uma fonte de retorno

para esta agitação. A Figura 6 mostra uma vista alternativa do módulo de deposição de pó (100). Os atuadores do coletor (112) podem ser operados para criar a estimulação mecânica (por exemplo, oscilação lateral) descrita anteriormente para permitir o fluxo livre do pó (116).

[082]À medida que o módulo (100) deposita uma camada de pó, em alguns casos, o pó emergente a partir do coletor (106) pode não ser uma camada uniforme. Um sistema de retorno pode ser fornecido para medir o acúmulo de pó à medida que ele é depositado, e o sistema de medição de pó pode ser controlado para variar a distribuição do material em pó com base na entrada recebida a partir do sistema de retorno. Em algumas modalidades, um dispositivo de nivelamento é usado para planarizar o material em pó que é entregue à plataforma de infusão de pó (200). Por exemplo, uma lâmina raspadora (118) pode ser usada para regular as dimensões e o nivelamento da camada. O pó (116) pode se acumular na lâmina (118) durante esse processo, e esse acúmulo pode ser detectado por sensores de acúmulo (114). Esse arranjo atua como um mecanismo de retorno para regular o grau de estimulação que o coletor (106) é submetido pelos atuadores (112). O acúmulo mínimo na lâmina (118) é desejável para otimizar a velocidade de deposição e minimizar o desgaste na lâmina (118). Esse mecanismo de retorno pode ser baseado na detecção capacitiva da proximidade do pó condutor, na detecção baseada em contato, ou em qualquer outro método conhecido para detectar a presença de um determinado material. Em uma modalidade alternativa, a lâmina (118) pode em geral ser substituída por um rolo de rotação contrária ou por qualquer outro meio conhecido de regular uma camada de pó depositado.

[083]A Figura 7 mostra uma modalidade alternativa do módulo de deposição de pó (100), com a principal diferença de utilizar vários bocais em forma de agulha (128) em comunicação com um coletor de distribuição de pó (126). Esse depositará várias linhas de pó, em vez de uma estrutura de deposição plana, mas ele pode ser

convertido em uma camada uniforme de pó por uma lâmina raspadora (118), rolo de rotação contrária, ou qualquer outro meio conhecido pelos versados na técnica.

[084]Estas modalidades são consideradas exemplos representativos e não restringem a amplitude da presente descrição. Em geral, esta descrição é destinada a incluir o uso de qualquer recipiente com uma abertura alongada que seja estruturada de modo que a própria abertura forneça uma válvula de fluxo de pó, ou a abertura é obstruída com um objeto que forneça uma válvula de fluxo de pó, em que uma válvula de fluxo de pó é qualquer caminho de fluxo que obstrua o fluxo de pó quando não é perturbado ou é estimulado inadequadamente, e que permite o fluxo de pó quando submetido a estímulo mecânico adequado, e a passagem de uma superfície de construção com este recipiente fornece meios para produzir uma camada de pó. Para esse fim, uma terceira modalidade pode incluir o uso de um recipiente de pó com uma fenda alongada na parte inferior que é coberta por uma tela de malha, em que as aberturas da tela de malha são dimensionadas adequadamente para obstruir o fluxo de pó, a menos que seja fornecida estimulação mecânica adequada. Esta modalidade é uma extensão do sistema de agulhas descrito anteriormente, na medida em que utiliza uma pluralidade de aberturas de tamanho apropriado como um sistema de válvula de pó.

[085]As Figuras 8 a 11 representam vários meios de aumentar a velocidade de operação de deposição de material, como discutido anteriormente. Aqui, são usadas representações esquemáticas de componentes discutidos anteriormente. Vários módulos de deposição de pó (130, 142, 144) podem ser usados para depositar camadas de pó (134, 136, 138) em sucessão, com seus processos de deposição sobrepostos para aumentar a velocidade geral de operação do sistema.

[086]A Figura 8 mostra múltiplas camadas depositadas em sequência, com os módulos de deposição (130, 142, 144) em diferentes alturas para acomodar a espessura de cada camada. Isso aumentará a velocidade de operação do sistema,

mas tem a desvantagem de possivelmente exigir o controle de movimento horizontal e vertical para os módulos de deposição (130, 142, 144).

[087] Enquanto meios alternativos de infusão foram mencionados anteriormente e serão discutidos com figuras adicionais, a Figura 9 mostra um meio de infusão de resina em pó. Os módulos de pulverização (132, 146, 148) podem ser usados para ejetar gotículas de resina em direção ao substrato em pó, infundindo efetivamente completamente o pó com resina. Neste método, as gotículas de resina podem ser carregadas eletrostaticamente, a fim de facilitar o comportamento de eletrodeposição para acelerar o processo de infusão. Em algumas modalidades, a deposição de pó pode ser alcançada por uma suspensão volátil de partículas de pó em um meio fluido (por exemplo, um solvente polar), em que o fluido é imiscível com o ligante de resina usado para infundir o pó, e o fluido evapora imediatamente após a deposição (por exemplo, dentro de 1 segundo ou menos), deixando as partículas de pó para trás. Esta suspensão pode ser depositada através de um método de extrusão ou pulverização.

[088] A Figura 10 mostra um meio alternativo de usar vários módulos de deposição (130, 142, 144). Nesta implementação, as camadas são produzidas enquanto a plataforma de construção (140) se move para baixo, de modo que seu movimento seja sincronizado com o movimento lateral dos módulos de deposição (130, 142, 144). Isso produz camadas diagonais, mas não exige atuação vertical dos módulos de deposição (130, 142, 144). Em qualquer uma das implementações, os métodos de geração de imagens podem ser implementados para compensar a posição do material em relação à peça que está sendo fabricada.

[089] A Figura 11 mostra um meio adicional de deposição de pó; um rolo de pó eletrostático (150) pode ser usado para depositar pó em uma plataforma de construção (140). Em geral, o pó seria aplicado eletrostaticamente ao rolo (150) antes de transferir o pó para a plataforma de construção (140). O revestimento do rolo (150)

com pó pode ser feito separadamente ou em sincronia com a deposição de pó na plataforma (140). A transferência eletrostática de pó é geralmente reconhecida como um método de alta velocidade e alta precisão para manipular o material particulado.

[090]Ao utilizar transferência eletrostática de pó, geralmente é mais simples usar materiais não condutores, uma vez que a carga superficial é o principal meio de manipulação de partículas. Se pó de metal for utilizado neste sistema, existem vários métodos que podem ser utilizados para facilitar a deposição eletrostática. Um revestimento de polímero pode ser aplicado às partículas de pó de metal antes da deposição, fornecendo assim uma superfície isolante à qual cargas de superfície podem ser aplicadas. Este revestimento pode ser removido durante o pós-processamento. Além disso, partículas de pó podem ser oxidadas para produzir uma camada de óxido na superfície que é isolante e permite a transferência eletrostática de pó. O processamento térmico em uma atmosfera redutora ou outros meios redutores podem ser usados para eliminar essa camada de óxido após a deposição do pó. Um método adicional de remoção da camada de óxido seria o uso de uma resina ácida que reage com a camada de óxido e a remove durante a infusão.

[091]Em qualquer implementação, uma carga elétrica pode ser aplicada ao pó à medida que ele é depositado para facilitar o comportamento de eletrodeposição para agilizar o processo de infusão. Em geral, isso funcionará com pó condutor, mas também pode ser usado com pó isolante e resina condutora.

[092]As Figuras 12 a 16 mostram a plataforma de infusão de pó. Essa é a plataforma na qual um objeto tridimensional é construído. Na configuração ilustrada, a plataforma é composta de uma base (202), superfície de trabalho porosa (204), atuadores de controle de fluxo (206, 208, 210), inibidores de fluxo (214, 216, 218) e coletor de entrada de resina (212). Depois que o pó é depositado na superfície de trabalho (204), a resina é fornecida para o coletor de entrada de resina (212). A resina pode então fluir para três regiões da base (202) através de três orifícios (220, 222,

224). Em algumas modalidades, o fluxo através desses três orifícios (220, 222, 224) é controlado pelos três inibidores de fluxo (214, 216, 218). A posição dos inibidores de fluxo (214, 216, 218) pode ser controlada pelos três atuadores de controle de fluxo (206, 208, 210). A base (202) tem uma variedade de recursos de pinos que suportam a superfície de trabalho (204), enquanto grande parte do volume restante dentro da base (202) é deixado aberto, permitindo o fluxo livre de resina para todas as áreas da superfície de trabalho (204). Nesse aspecto, os recursos de pinos fornecem estabilidade estrutural à superfície de trabalho (204) sem inibir a dispersão da resina através da base (202). Nas modalidades particulares ilustradas nas Figuras 12 a 16, por exemplo, a base (202) fornece efetivamente três grandes cavidades abertas que estão associadas a um dos três orifícios (220, 222, 224).

[093]Este arranjo funciona como um sistema de válvula de agulha multicanal para controlar o fluxo de resina. Embora três caminhos de fluido distintos sejam mostrados aqui, qualquer número pode em geral ser implementado, em qualquer configuração que forneça resina de maneira controlada para a superfície de trabalho (204). Enquanto as três regiões da base (202) e da superfície de trabalho (204) que correspondem ao fluxo de resina nos três orifícios de entrada (220,222,224) são amplamente separadas, a estrutura da base (202) pode, em geral, ser projetada para permitir a mistura regiões de fluxo controlado de forma independente. O fluxo pode ser controlado por uma única fonte com múltiplas válvulas moduladoras, como nesta implementação, ou pode utilizar qualquer número de fontes de bombeamento e válvulas moduladoras. Além disso, uma pressão de vácuo pode ser aplicada à área de construção, enquanto a fonte de resina é mantida em pressão atmosférica. Essa pressão diferencial pode ser o principal meio de fornecer fluxo de resina, enquanto as válvulas moduladoras controlam o fluxo em regiões precisas dentro do processo de construção. Além disso, o uso de vácuo dentro da área de construção pode ajudar na deposição de pó, pois pequenos póis que são usados para fabricação de alta precisão

tendem a se autoaerossolizar quando agitados. Além disso, a resina pode ser alimentada por gravidade através de uma tremonha de fornecimento que é externa ao volume de trabalho. Pressão estática (derivada da altura de um recipiente de alimentação por gravidade), pressão de vácuo e pressão aplicada por meio de um sistema de bomba podem ser usadas em qualquer combinação para fornecer resina no processo de construção.

[094]Independentemente da configuração particular, a superfície de trabalho (204) é porosa e permite que a resina flua através dela e para uma camada de pó depositada nela. Esta resina pode ser curada com luz, fixando o pó em uma geometria específica de modo a construir um objeto tridimensional. Os meios precisos para curar a resina e construir um objeto em camadas serão descritos em detalhes adicionais. Em geral, parte ou todo esse sistema de plataforma pode ser removível do aparelho de fabricação para facilitar a fabricação paletizada, onde os resultados de um processo de construção podem ser pós-processados enquanto outro processo de construção está sendo conduzido.

[095]Em todas as modalidades discutidas anteriormente, o processo de fabricação compreende as etapas de deposição e infusão de pó com uma resina fotocurável. A combinação de pó e resina fotocurável coloca algumas restrições na composição desta resina, dependendo das propriedades ópticas do pó que está sendo usado. Em geral, a penetração óptica no material compósito será menor do que nas resinas estereolitográficas convencionais, dada a presença de pó como um inibidor óptico. Para melhorar a cura do material fotocurável, em algumas modalidades, o material fotocurável inclui pelo menos um material de resina, incluindo pelo menos um monômero ou oligômero reativo, e o material fotocurável pode ainda incluir um fotoiniciador que é configurado para polimerizar o componente de monômero ou oligômero quando submetido à estimulação por irradiação. As resinas usadas com este sistema podem, em geral, conter monômeros de vários tipos, incluindo mas não

limitados a acrilatos, monômeros e / ou oligômeros de polietileno, monômeros e / ou oligômeros de polipropileno, ou outros. As resinas usadas com este sistema podem utilizar fotoiniciadores para iniciar uma reação de polimerização por radicais livres e / ou catiônica, mas no uso de pós de metal provavelmente incluirá uma concentração em massa de fotoiniciador maior do que 1%, o que pode ajudar a compensar a presença do pó como um inibidor óptico. Em algumas modalidades, por exemplo, uma concentração em massa de fotoiniciador pode estar entre cerca de 1% e cerca de 50%. Em algumas modalidades particulares, as concentrações em massa em uma faixa entre cerca de 3% e cerca de 35% fornecem uma composição que é eficaz para superar a inibição óptica pelo pó, com faixas entre cerca de 5% e 20%, fornecendo um equilíbrio entre maximizar o volume de pó e melhorar o início da polimerização por radicais livres e / ou catiônica.

[096]Em muitos casos, é desejável processar peças construídas usando este método, sinterizando o pó em um objeto sólido. Nesses casos, aditivos podem ser incluídos na formulação da resina para ajudar no pós-processamento. Em outros processos de fabricação de compósitos que usam pós-processamento térmico para sinterizar uma peça compósita de pó em um componente monolítico sólido, tal como Moldagem por Injeção de Metal (MIM), geralmente há uma etapa de desaglutinação na qual a maior parte do ligante é removida antes da peça ser sinterizada. Esses processos de desaglutinação geralmente envolvem um dos três métodos; desaglutinação catalítica, desaglutinação por solvente, ou desaglutinação térmica.

[097]Em um processo de desaglutinação catalítica, o material de resina inclui um componente que é removível usando um processo de decomposição catalítica, e o material fotocurável geralmente ou o monômero ou oligômero reativo particularmente não é reativo com o catalisador usado no processo de decomposição catalítica. Em algumas modalidades, o vapor de ácido nítrico é usado para remover um componente de um ligante híbrido, que é tipicamente composto de homopolímero

de acetal e uma olefina. O acetal é removido pelo ácido nítrico, deixando para trás um ligante de olefina que pode ser removido durante a sinterização. Em um processo de desaglutinação de solvente, o material de resina inclui um componente que é solúvel em um solvente no qual o material fotocurável não é solúvel. Em algumas modalidades, um ligante híbrido é novamente utilizado, em que um componente é solúvel em um solvente particular, que remove esse componente durante a desaglutinação. Uma implementação comum desse método é uma blenda de acetal e polietileno glicol (PEG). O PEG é solúvel em água e normalmente é removido em um banho de água quente durante a desaglutinação. Em um processo de desaglutinação térmica, o material de resina inclui um componente adicionado tendo um primeiro ponto de fusão que é menor do que um segundo ponto de fusão do material fotocurável em geral, e o processo é realizado a uma temperatura acima do primeiro ponto de fusão. Em algumas modalidades, um ligante híbrido é novamente utilizado, onde um componente é tipicamente uma cera de baixo ponto de fusão, que pode ser derretida durante o processo de desaglutinação. Em geral, qualquer sistema de ligante binário no qual os dois componentes têm pontos de fusão significativamente diferentes pode ser usado para um sistema de desaglutinação térmica.

[098]No processo utilizado em qualquer uma das modalidades anteriores, materiais híbridos semelhantes podem ser utilizados. Por exemplo, monômeros ou oligômeros de acetal podem ser incorporados em uma blenda de resina de acrilato, a fim de produzir um material híbrido que pode ser parcialmente removido de um componente impresso usando vapor de ácido nítrico. Em geral, qualquer blenda de material que inclui pelo menos um fotoiniciador, monômeros e / ou oligômeros de um fotopolímero reativo, e outro componente que pode ser removido com um processo de decomposição catalítica, será eficaz para a desaglutinação usando este método. Também pode ser possível usar um fotopolímero que é susceptível à decomposição catalítica, juntamente com um componente que é líquido na temperatura de operação

do sistema de fabricação, e sólido em uma temperatura na qual a decomposição catalítica pode ocorrer.

[0099]Da mesma forma, um material híbrido composto de pelo menos um fotoiniciador, monômeros e / ou oligômeros de um fotopolímero reativo, e outro componente que é solúvel em um solvente particular, no qual o fotopolímero curado não é solúvel, pode ser usado para produzir componentes que podem ser tratados em um processo de desaglutinação de solvente. Além disso, um fotopolímero que é solúvel em um solvente particular pode ser usado juntamente com um componente que é líquido na temperatura de operação do sistema de fabricação, e sólido em uma temperatura na qual a desaglutinação de solvente ocorre.

[0100]Da mesma forma, um material híbrido composto de pelo menos um fotoiniciador, monômeros e / ou oligômeros de um fotopolímero reativo, e outro componente que tem uma temperatura de fusão mais baixa do que o fotopolímero curado pode ser usado em um sistema de desaglutinação térmica, em que o processo de fabricação é executado a uma temperatura maior do que o ponto de fusão do componente adicionado, e o excesso de material é removido antes de diminuir a temperatura da peça fabricada para manipulação e posterior pós-processamento.

[0101]A Figura 17 mostra um módulo de projeção (300). O módulo é composto por uma unidade de exibição (302), lente de colimação (306), deslocadores de pixel de refração (308, 310) e lente de descolimação (312), montada em uma base (304). Como é mostrado esquematicamente na Figura 18, a unidade de exibição (302) projeta uma imagem, composta por vários pixels emanando nominalmente a partir de um ponto singular. Os feixes que formam esses pixels são colimados pela lente de colimação (306), de modo que todos os feixes são paralelos. Esses feixes paralelos podem ser deslocados com precisão extremamente alta rotacionando um deslocador de pixel de refração (308) em um ângulo especificado. Sabe-se que a luz que passa através de um objeto com maior índice de refração do que o meio circundante será

deslocada lateralmente por uma quantidade dependente do índice de refração, espessura e posição angular desse objeto; esse sistema, em contraste com os sistemas de deslocamento de pixel de reflexão padrão, pode prontamente atingir precisão em nanoescala no deslocamento de pixels em uma superfície de projeção. Esse sistema permite uma fabricação digital de precisão ultra-alta em uma extensão significativamente maior do que qualquer outro sistema de geração de imagens anterior. Na modalidade ilustrada na Figura 17, o sistema de projeção (300) usa dois deslocadores de pixel (308, 310), de modo que a imagem possa ser deslocada por qualquer quantidade dentro do plano de projeção. O primeiro deslocador de pixel de refração (308) pode ser articulado em torno de um primeiro eixo de rotação, e o segundo deslocador de pixel de refração (310) pode ser articulado em torno de um segundo eixo de rotação diferente do primeiro eixo de rotação. Em algumas modalidades, o segundo eixo de rotação é substancialmente perpendicular ao primeiro eixo de rotação. Independentemente da configuração particular, os um ou mais feixes de radiação são transmitidos através dos deslocadores de pixel de refração (308, 310) para produzir um ou mais feixes de radiação exigentes direcionados para a superfície de projeção. A lente de descolimação (312) focaliza a imagem no tamanho desejado na superfície de projeção.

[0102] Uma implementação alternativa deste sistema de projeção é mostrada na Figura 19. Nesta versão, as lentes de colimação (306) e descolimação (312) são omitidas. Isso tem a desvantagem de não colimar a imagem antes de deslocá-la, o que resultará em um efeito de deslocamento não uniforme. Isso pode ser compensado em software mapeando o efeito de deslocamento de pixel de modo a determinar uma função de inversão. Esta função de inversão toma como entrada a localização física de qualquer pixel na superfície de geração de imagens e calcula a posição correspondente do pixel na imagem produzida pela unidade de exibição (302) antes do efeito de deslocamento. Esta função pode ser aplicada aos dados de CAD de modo

a determinar as imagens necessárias que devem ser projetadas e deslocadas de modo a criar um determinado objeto.

[0103]As Figuras 20 a 22 representam várias configurações e modalidades de um Dispositivo de Micro-espelhos Digitais (DMD). Um DMD é o elemento chave em uma unidade de exibição (302). Os micro-espelhos (320), montados em um chip (322), podem estar no estado “ligado”, como na Figura 20, ou no estado “desligado”, na Figura 21. Uma fonte de luz fornece feixes de luz incidentes ao DMD, que são ou refletidos em um ângulo para permitir que eles escapem da unidade de exibição (302) se estiverem no estado “ligado” ou sejam refletidos em um absorvedor de luz se estiverem no estado “desligado”. Ao selecionar espelhos individuais para estar nos estados “ligado” ou “desligado”, uma imagem pode ser projetada. Em algumas implementações do presente sistema, pode ser desejável que apenas uma região central (324) de cada pixel (320) seja reflexiva, como na Figura 22.

[0104]As Figuras 23 a 25 mostram uma superfície de projeção (328) submetida a vários dos sistemas de geração de imagens descritos anteriormente. A Figura 23 mostra o efeito de ter todos os pixels em um estado “ligado”. Se uma região retangular (326) for a imagem desejada, somente os pixels mostrados na Figura 24 estarão no estado “ligado”. Isso não representa com precisão a região retangular (326) e, portanto, o deslocamento de pixels pode ser utilizado para obter uma representação mais realista. A Figura 25 mostra o efeito de realizar várias exposições, deslocando os pixels entre cada exposição, para obter uma imagem mais precisa da região retangular (326). Embora isso torne as bordas da região mais bem definidas (ou seja, seja capaz de preencher o espaço entre as bordas do pixel para produzir recursos de superfície com uma resolução efetiva mais precisa do que o nível de precisão que é inerente ao tamanho dos pixels), isso não resolve completamente as aberrações nos cantos; esse seria um caso em que o sistema DMD descrito na Figura 22 forneceria alguma vantagem. Uma vantagem semelhante pode ser alcançada espaçando as

unidades de micro-espelhos em um chip DMD e focando a imagem resultante em uma área menor. O efeito geral seria ter um arranjo pequenos pixels, espaçados por uma distância que normalmente é maior do que sua largura, deslocados para coletivamente completamente gerar imagem de uma região alvo.

[0105]As Figuras 26A e 26B representam um objeto que pode ser construído usando os sistemas descritos anteriormente. Ele inclui um corpo cilíndrico (340) e um ressalto (342). Como mencionado anteriormente, o pó será espalhado em uma plataforma e infundido com resina, de modo que todos os espaços intersticiais sejam ocupados com resina. A resina será curada usando luz, para formar seções transversais de um objeto desejado, de modo que a forma agregada de todas as seções transversais seja o objeto desejado. Isso apresenta uma restrição óbvia; a resina a partir de uma camada de um objeto é de forma restrita, infundindo uma camada subsequente por qualquer parte que é curada pelo sistema de geração de imagens.

[0106]As Figuras 27 a 32 mostram meios de atenuar esse efeito e utilizar esse efeito para melhorar o desempenho do sistema. Embora a cura de uma seção transversal sólida possa apresentar uma restrição significativa ao fluxo de resina, uma estrutura de treliça pode ser utilizada (352) que une o pó e ainda permite que a resina flua para as camadas subsequentes. A Figura 27 mostra uma camada do objeto na Figura 26A sendo construído pelo sistema descrito. O primeiro componente de um padrão de treliça (352) é projetado em uma área de construção (350) para produzir essa camada. Depois que o pó adicional é depositado e infundido com resina, um segundo componente de um padrão de treliça (354) é projetado na área de construção (350). Esses dois componentes podem ser projetados em camadas alternadas para construir uma estrutura de treliça. Em geral, qualquer estrutura que une o pó de maneira segura, enquanto ainda permite o fluxo da resina para as camadas subsequentes de pó, pode ser utilizada.

[0107]A Figura 29 mostra um possível método de produzir o recurso de ressalto (342) do objeto (340) sendo construído. Uma região mais densa do padrão de treliça (356) pode ser usada para a superfície voltada para baixo do recurso de ressalto (342) enquanto um padrão de treliça de menor densidade (358) é usado para as outras seções desta camada. Se os espaços na seção de densidade mais alta (356) forem menores do que o diâmetro das partículas, o pó será ligado em uma camada sólida, mesmo que ainda haja espaços intersticiais deixados sem cura para que a resina flua através das camadas subsequentes. Esta região mais densa (356) fornece uma restrição de fluxo que é mais restritiva do que a região de menor densidade (358), que pode ser gerenciada como descrito abaixo.

[0108]As Figuras 30A e 30B mostram um método de compensação da restrição de fluxo apresentada por uma superfície voltada para baixo. Uma pele (360) pode ser construída embaixo da superfície (342), a fim de guiar o fluxo de resina para a superfície (342). Dependendo da construção da plataforma de infusão (200), a pressão do fluxo através desta pele (360) pode ser controlada independentemente da pressão do fluxo através do próprio objeto (340). Assim, as taxas de fluxo podem ser equalizadas através do controle de pressão diferencial.

[0109]As peças produzidas por meio desta técnica podem ser processadas por tratamento térmico, químico ou mecânico para remover o aglutinante de resina e condensar o material em pó em um sólido. A técnica mais comum para conseguir esse efeito é a sinterização. Em muitos casos, objetos sinterizados são produzidos com pó de metal ou cerâmico e um ligante sólido de polímero e submetidos a tratamento químico ou térmico para remover a maior parte do ligante. Isso cria uma estrutura de ligante poroso, de modo que o ligante restante possa ser removido uniformemente durante a sinterização. Em virtude da criação de um objeto poroso durante o processo de construção, esse processo de tratamento químico ou térmico pode ser acelerado ou eliminado, melhorando assim a velocidade geral do processo.

[0110]O método de definir caminhos de fluxo distintos, curando estruturas de controle de fluxo, como mostrado nas Figuras 30A e 30B, pode ser extrapolado ainda mais, fornecendo vários materiais de resina para diferentes regiões através de diferentes zonas de infusão na plataforma de construção. Em alguns casos, essa técnica pode ser usada para produzir partículas de metal oxidadas nos limites de um objeto que está sendo construído, enquanto deixando as partículas dentro do objeto com oxidação mínima para facilitar a sinterização durante o pós-processamento. As partículas de metal oxidadas não sinterizam entre si nas temperaturas que são usadas para sinterizar as partículas de metal não oxidadas e, como tal, a oxidação pode ser usada como um meio de separar regiões do material que se ligam internamente durante a sinterização, mas não se ligam através dos limites definidos por partículas oxidadas. Isso pode ser usado para fabricar conjuntos completos com peças móveis independentes em um único processo de construção, ou para produzir material de suporte removível que ajudará a estabilizar uma peça durante o processo de sinterização.

[0111]As Figuras 31 e 32 ilustram outras vantagens deste processo. Em muitos processos de SFF, a precisão é amplamente restringida pela espessura das camadas de material que são usadas na fabricação. Como pode ser visto na Figura 31, se o material for curado antes de infundir completamente uma camada de pó, camadas fracionárias podem, em princípio, ser alcançadas. A resina parcialmente infundida (374) pode ser curada para ligar o pó (372). Da mesma forma, os parâmetros de cura podem ser ajustados para limitar a profundidade da cura, como mostrado na Figura 32. Uma região solidificada (376) que pode ser produzida penetra apenas parcialmente na camada de pó (372), deixando a resina não curada (378) abaixo. Assim, superfícies voltadas para cima e para baixo que não se alinham perfeitamente com uma determinada camada podem ser alcançadas. Este método também pode ser usado para melhorar a qualidade das superfícies com contornos e a precisão das

peças em geral.

[0112] Nas implementações descritas anteriormente do presente sistema, um arranjo de módulos de projeção (300) foi usado para coletivamente completamente gerar imagens da área de construção. Uma das vantagens do sistema de deslocamento de pixel descrito anteriormente, é o efeito multiplicativo que ele tem na resolução do sistema, enquanto mantendo o tamanho da área imageada por um determinado módulo. Isso é particularmente crítico para sistemas em que a resolução de imagem em microescala e nanoescala é útil, mas os objetos que estão sendo imageados estão em mesoescala ou macroescala. Em um sistema com esses requisitos, pode ser difícil focar uma imagem projetada em um tamanho que tenha pixels pequenos o suficiente para produzir a resolução desejada e, mesmo que isso seja possível, a imagem resultante seria muito menor do que o tamanho físico da unidade de exibição. Isso dificulta ou impossibilita um arranjo de geração de imagens capaz de gerar eficientemente imagens de toda a área de construção. Ser capaz de imagear toda a área de construção pode ser desejável para otimizar a velocidade.

[0113] Um sistema alternativo consiste em um arranjo linear de unidades de exibição que atravessa a área de construção em uma direção perpendicular ao alinhamento do arranjo. A Figura 33 mostra um desses arranjos. Isso supera o problema de ter uma unidade de exibição maior do que a imagem projetada projetando imagens (380, 382, 384, 386) em um ângulo de deslocamento a partir do vetor normal das unidades de projeção (302). O arranjo se move ao longo da área de construção na direção especificada (388), a fim de imagear sequencialmente toda a área de construção. Em geral, essa operação pode ser realizada após a deposição do pó, assumindo que a velocidade de infusão seja alta o suficiente para acompanhar esse processo. Assim, em algumas implementações, a deposição de pó, a infusão e a geração de imagens podem ocorrer em sequência rápida, à medida que o módulo de deposição de pó e o arranjo de geração de imagens atravessam a plataforma juntos.

[0114]Nesse caso, a resolução focada da unidade de exibição é a resolução efetiva do objeto que está sendo construído. A Figura 34 representa uma modalidade alternativa do módulo de projeção (300) que adiciona precisão ao método de atravessar a plataforma com um arranjo linear de módulos. Neste caso, uma pluralidade de elementos de refração estáticos (390) são dispostos em diferentes ângulos em relação à superfície na qual a imagem é projetada. Esses elementos de refração estáticos (390) são usados para dividir a imagem em seções que são ligeiramente deslocadas uma em relação à outra. Isso aumenta a resolução efetiva do sistema. Um número arbitrário de elementos de refração pode ser usado, a fim de alcançar a resolução desejada.

[0115]A Figura 35 mostra uma vista alternativa da presente modalidade. Como discutido anteriormente, o método de fabricação implementado neste sistema envolve os processos de depósito de pó, infusão de pó com resina, e cura da resina em um padrão especificado. Embora a infusão seja um pouco automática, sendo acionada por ação capilar, o controle de fluxo também pode ser utilizado como descrito anteriormente com qualquer um dos vários sistemas de bombeamento. Nesse caso, é útil receber retorno para controlar o sistema de bombeamento. As câmeras (392) podem ser usadas para retorno visual para monitorar o processo de infusão e controlar o sistema de fornecimento de resina. O mesmo hardware também pode ser utilizado para detecção de falhas e qualquer uma de uma ampla variedade de aplicações de automação de sistema, incluindo, entre outras, a medição da topografia da camada por meio de um sistema estruturado de varredura de luz ou de laser, bem como calibração e sincronização de módulos de projeção.

[0116]Como discutido anteriormente, múltiplas implementações do módulo de projeção (300) podem ser utilizadas. Em muitas delas, o deslocamento de pixel de refração é implementado. Em alguns casos, o grau de deslocamento de pixel não é uniforme ou não é linear. Nesses casos, a calibração e a compensação de software

podem ser necessárias para alcançar a precisão ideal. A Figura 36 descreve um método de compensação para qualquer uma dessas aberrações usando um sistema de retorno de visão, conforme descrito anteriormente. Primeiro, o sistema de retorno de visão pode ser usado para mapear a localização de todos os pixels para todos os módulos de projeção em todas as posições possíveis deslocadas usando o sistema de deslocamento de refração. Em locais onde os pixels se sobrepõem excessivamente, os valores em escala de cinza podem ser determinados para homogeneizar o grau de intensidade de luz em todas as localizações na área de geração de imagens. A partir desse mapeamento, uma função de deslocamento de pixel inverso pode ser calculada ou simplesmente implementada como uma tabela de consulta inversa. Essa função inversa pode ser então aplicada aos dados CAD para determinar os parâmetros de geração de imagens para produzir um objeto desejado.

[0117]Este sistema de fabricação é generalizável para qualquer um de uma variedade de materiais em pó. A capacidade de um sistema de visão para detectar o grau de infusão de resina em uma camada particular de material em pó pode variar um pouco com as propriedades ópticas do pó em questão. A Figura 37 mostra um método de compensação para esse comportamento. O sistema de retorno de visão pode, em geral, captar um amplo espectro de comprimentos de onda, e pode ser vantajoso fornecer uma ou mais fontes de iluminação que produzam um ou mais comprimentos de onda que não instigam uma resposta química na resina como indicadores de infusão. Para novos materiais em pó, o comprimento de onda ideal do indicador pode ser determinado expondo o pó a cada um dos vários comprimentos de onda potenciais do indicador durante o processo de infusão. Ao medir a alteração na refletância e na absorbância durante a infusão, o comprimento de onda para o qual ocorre a maior alteração de comportamento pode ser selecionado para maximizar a relação sinal / ruído.

[0118]Embora muitos dos sistemas de deposição de pó descritos

anteriormente possam produzir camadas altamente uniformes de pó com um alto grau de confiabilidade, em algumas implementações pode ser vantajoso permitir que as camadas de pó se desviem em sua uniformidade, e compensem medindo as camadas à medida que são produzidas e ajuste de dados de imagem para compensar. Isso pode permitir que a deposição de pó ocorra sem uma lâmina raspadora (118) ou outro objeto para planarizar a camada de pó, o que pode aumentar a velocidade de deposição. A Figura 38 descreve um método para implementar isso. Antes de fabricar um objeto, ele pode ser dividido em pixels tridimensionais, também chamados de “voxels”, e cada voxel pode ser analisado quanto à sua proximidade a um limite desejado do componente (por exemplo, uma superfície voltada para cima ou para baixo). Em geral, as aberrações na deposição de pó são irrelevantes, a menos que ocorram perto de uma superfície voltada para cima ou para baixo. Por exemplo, se uma parte de uma camada tiver muito material, onde a altura nominal dessa parte estiver na localização de uma superfície voltada para cima, o excesso de material produziria uma superfície mais alta do que a posição nominal. Para evitar isso, um meio rápido de avaliar a topografia da camada real e compensar as aberrações pode ser usado.

[0119] À medida que os voxels são analisados quanto à sua proximidade com superfícies voltadas para cima e para baixo, quaisquer voxels que estejam dentro de uma distância limite a uma dessas superfícies podem receber um valor correspondente à distância real entre esse voxel e a superfície em questão. Em geral, um voxel pode não ter valores atribuídos, um valor (se próximo a uma superfície) ou dois valores (se próximo a duas superfícies, no caso de uma característica horizontal fina). À medida que as camadas de pó são produzidas, cada camada pode ser varrida para avaliar sua topografia e medir desvios da altura do pó em relação à altura nominal. Quando uma camada é imageada, um arranjo de pixels é gerado com base nos voxels incluídos na camada em questão. As medições de desvio de camada

podem ser colocadas em uma tabela correspondente às localizações dos voxels na camada que está sendo fabricada. Antes da geração de imagens da camada, os pixels na imagem da camada podem ser eliminados se os desvios medidos na superfície do pó excederem a medição da distância correspondente ao seu voxel de origem. Alternativamente, o arranjo de pixels pode ser modificado com metadados para ser utilizado nos métodos descritos anteriormente para fabricar camadas fracionárias. Dessa maneira, as aberrações no processo de deposição de pó não afetarão a precisão geral da fabricação. Como um resultado, essa correção dos desvios de camada pode minimizar os desvios da estrutura desejada (por exemplo, conforme definido por um modelo CAD).

[0120]É necessário alto rendimento para que a fabricação digital seja utilizada na produção em massa. Em muitas circunstâncias, isso requer a impressão em lotes de peças para maximizar a produtividade. A Figura 39 mostra um exemplo disso. Um arranjo de peças (232) é impresso na superfície de trabalho (204) na parte superior da base da plataforma (202). Nesta figura, o excesso de resina não curada e pó não ligado foram principalmente removidos. Isso pode ser conseguido por qualquer um de uma variedade de sistemas de lavagem envolvendo aparelhos de pulverização e solventes que podem dissolver a resina não curada. O material de suporte (230) foi fabricado para resistir a quaisquer forças de cisalhamento exercidas nas peças (232) durante a deposição do pó. Este material de suporte (230) pode ou não ser necessário, dependendo do método de deposição de pó, mas, em qualquer caso, não precisa ser conectado às peças (232). Este material de suporte sem contato (230) protege as peças (232) por sua proximidade com as peças (232), mas não interfere no manuseio das peças durante o pós-processamento.

[0121]Embora a remoção de excesso de material na parte superior e em torno de um lote de peças seja geralmente trivial, o manuseio dessas peças requer sistemas de automação adicionais. Embora as peças (232) mostradas anteriormente tenham

superfícies planas que facilitam o manuseio por meio de uma garra a vácuo ou sistema de garra mecânica, nem todas as peças terão recursos que facilitam o manuseio automatizado. A Figura 40 mostra um lote de peças (234) com uma superfície superior irregular, que não seria prontamente manuseada por uma garra a vácuo padrão. Em vez disso, recursos adicionais foram adicionados a essas peças para facilitar o manuseio.

[0122]As Figuras 41A e 41B mostram as peças (234) com recursos de manipulação (236) em mais detalhes. Esses recursos de manipulação fornecem (236) uma superfície plana que pode ser engatada por uma garra a vácuo (252), como mostrado na Figura 42, ou por qualquer outra garra acionada por um sistema manipulador (250). As operações principais para pós-processamento de peças, em que as peças são compostas de um pó de metal ou de cerâmica e o produto final desejado é uma peça de metal ou cerâmica sólida, incluem remoção de excesso de material, remoção de recursos de manipulação, e colocação em uma bandeja para sinterização. Existe um valor significativo na automação dessas operações, pois elas geralmente exigem muito trabalho.

[0123]Embora os recursos de manipulação (236) sejam vantajosos para a manipulação automatizada de peças, eles devem ser removidos antes da sinterização ou exigirão um processo de usinagem secundário para remoção, o que tornaria o processo de produção geral menos eficiente. A Figura 43 mostra um método para facilitar a remoção dos recursos de manipulação (236). O pó (264) que existe no limite entre a peça (234) e os recursos de manipulação (236) pode ser ligado de modo que seja fixado tangencialmente ao material na peça (260) e também fixado tangencialmente ao material nos recursos de manipulação (266). Assim, os recursos de manipulação (236) são nominalmente conectados à peça (234) para auxiliar no manuseio automatizado, embora não exista uma região contínua de ligante polimérico curado que os conecte. Isso permite que os recursos de manipulação (236) sejam

cortados antes da sinterização sem danificar a peça (234).

[0124]As peças (234) em questão têm vários orifícios rosqueados (238, 240, 242), o que geralmente tornaria as peças (234) difíceis ou impossíveis de moldar e criar espaços adicionais onde o material pode ficar preso e que devem ser removidos do material antes de qualquer pós-processamento adicional. Como no caso discutido anteriormente, onde um pó de metal ou cerâmico é unido durante o processo de construção com a intenção de ser sinterizado para formar uma peça sólida de metal ou cerâmica desprovida de polímero, o material em excesso deve ser removido antes da sinterização, caso contrário se ligaria à peça (234) e comprometeria a precisão de todo o processo de produção. As Figuras 44A e 44B mostram vetores que identificam os pontos de entrada para áreas fechadas. Estes podem ser utilizados como vetores de lavagem para um sistema de lavagem à base de bocal para remover o excesso de material. Em geral, o método de identificação de vetores de lavagem, que são os vetores normais dos centroides de entradas para volumes confinados em uma parte sólida, usando esses vetores para determinar a orientação da peça em relação a um sistema de lavagem de bocais, e expondo essa peça ao sistema de lavagem em uma sequência de orientações para garantir a remoção completa de todo o excesso de material, pode ser usado para processar peças fabricadas usando o sistema descrito anteriormente.

[0125]As Figuras 45 a 47 representam um modelo alternativo de pós-processamento de peças impressas. O material de suporte (270, 272) pode ser construído juntamente com as peças (234), de modo que as peças (234) estejam contidas dentro do material de suporte (270, 272), mas o material de suporte permite o fluxo de material para fora das peças (234) durante uma operação de lavagem secundária. Nesse caso, as peças (234) podem ser mantidas dentro do material de suporte (270, 272) enquanto o conjunto inteiro é exposto a um processo de lavagem com solvente, possivelmente envolvendo agitação sônica ou outra agitação mecânica

ao alterar a orientação do conjunto para permitir que o material flua para fora quaisquer espaços confinados. Isso converte o processo anterior de lavagem de unidade única em um processo em lote, o que pode ser mais eficiente para a fabricação em larga escala.

[0126]As Figuras 48 a 50 representam uma modalidade alternativa de um mecanismo de distribuição de pó. O módulo de deposição de pó (500) é composto de uma tremonha (502), um atuador de rolo (504), rolos (506), um elemento de cisalhamento de pó (510), um atuador de cisalhamento de pó (508) e uma tela de malha (512). Como discutido anteriormente, enquanto os rolos (506) são empregues aqui para condicionar a camada de pó depositado, uma lâmina ou outro meio também pode ser implementado. Neste método de deposição, normalmente não é permitido que o pó passe através da malha (512) que consiste em uma pluralidade de orifícios que são adequadamente dimensionados em relação ao pó usado para criar o comportamento de arqueamento descrito anteriormente. Neste caso, em vez de usar vibração para agitar o pó arqueado, uma força de cisalhamento é aplicada por um elemento de cisalhamento (510) acionado por um atuador de cisalhamento (508) para romper o arco e permitir que o pó flua através da malha (512). Nesta modalidade particular, dois rolos (506) são usados de modo que o pó possa ser depositado à medida que o módulo (500) atravessa a área de construção na direção para a frente ou para trás.

[0127]O presente assunto pode ser incorporado de outras formas sem abandonar o espírito e as características essenciais do mesmo. As modalidades descritas, portanto, devem ser consideradas em todos os aspectos como ilustrativas e não restritivas. Embora o presente assunto tenha sido descrito em termos de certas modalidades preferenciais, outras modalidades que são evidentes para os versados na técnica também estão dentro do escopo do presente assunto.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para produzir uma imagem de alta resolução, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

uma unidade de exibição configurada para projetar uma imagem compreendendo um ou mais feixes de radiação em uma superfície;

pelo menos um elemento de refração compreendendo um material transparente posicionado entre a unidade de exibição e a superfície, em que pelo menos um elemento de refração é configurado para transmitir os um ou mais feixes de radiação como um ou mais feixes de radiação exigentes, e em que pelo menos um elemento de refração é rotativo para deslocar uma posição da imagem em relação à superfície.

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de exibição compreende um dispositivo de micro-espelhos digitais.

3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de exibição compreende uma pluralidade de pixels que são espaçados um do outro por uma distância que é maior do que uma largura dos pixels.

4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos um elemento de refração compreende:

um primeiro deslocador de pixel de refração que pode ser articulado em torno de um primeiro eixo de rotação; e

um segundo deslocador de pixel de refração que pode ser articulado em torno de um segundo eixo de rotação diferente do primeiro eixo de rotação.

5. Aparelho, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo eixo de rotação é substancialmente perpendicular ao primeiro eixo de rotação.

6. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos um elemento de refração compreende uma pluralidade de

elementos de refração estáticos que são dispostos em ângulos diferentes em relação à superfície.

7. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende óptica de colimação posicionada entre a unidade de exibição e pelo menos um elemento de refração, em que a óptica de colimação é configurada para colimar os feixes de radiação.

8. Aparelho, de acordo com uma das reivindicações 1 ou 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende uma ótica de projeção configurada para focar os feixes de radiação exigentes de pelo menos um elemento de refração para ajustar um tamanho da imagem na superfície.

9. Método para produzir uma imagem de alta resolução, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

projetar uma imagem a partir de uma unidade de exibição em direção a uma superfície, a imagem compreendendo um ou mais feixes de radiação;

posicionar pelo menos um elemento de refração entre a unidade de exibição e a superfície;

transmitir os um ou mais feixes de radiação através de pelo menos um elemento de refração para produzir um ou mais feixes de radiação exigentes direcionados para a superfície; e

variar uma posição de rotação de pelo menos um elemento de refração para ajustar uma posição da imagem em relação à superfície.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade de exibição compreende um dispositivo de micro-espelhos digitais, e em que projetar uma imagem compreende posicionar um ou mais pixels do dispositivo de micro-espelhos digitais em um estado “ligado”.

11. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que variar uma posição de rotação de pelo menos um elemento de refração

compreende rotacionar pelo menos um elemento de refração para deslocar uma posição da imagem em relação à superfície.

12. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que posicionar pelo menos um elemento de refração compreende:

posicionar um primeiro deslocador de pixel de refração entre a unidade de exibição e a superfície, em que o primeiro deslocador de pixel de refração é articulado em torno de um primeiro eixo de rotação para uma posição desejada; e

posicionar um segundo deslocador de pixel de refração entre o primeiro deslocador de pixel de refração e a superfície, em que o segundo deslocador de pixel de refração é articulado em torno de um segundo eixo de rotação que é diferente do primeiro eixo de rotação para uma posição desejada.

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o segundo eixo de rotação é substancialmente perpendicular ao primeiro eixo de rotação.

14. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que posicionar pelo menos um elemento de refração compreende posicionar uma pluralidade de elementos de refração estáticos entre a unidade de exibição e a superfície; e

em que variar uma posição de rotação de pelo menos um elemento de refração compreende dispor a pluralidade de elementos de refração estáticos em diferentes ângulos em relação à superfície.

15. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende colimar um ou mais feixes de radiação antes de transmitir um ou mais feixes de radiação através de pelo menos um elemento de refração.

16. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende focar os feixes de radiação exigentes a partir de pelo menos um elemento de refração para ajustar um tamanho da imagem na superfície.

17. Aparelho para fabricar um objeto tridimensional, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

uma plataforma de construção;

um dispositivo de transferência de pó configurado para fornecer um material em pó para a plataforma de construção, o dispositivo de transferência de pó compreendendo:

uma tremonha de pó; e

um sistema de medição de pó em comunicação com a tremonha de pó e configurado para distribuir seletivamente o material em pó da tremonha de pó para a plataforma de construção;

um sistema de fornecimento de material fotocurável configurado para entregar pelo menos um material fotocurável a pelo menos uma parte do material em pó depositado; e

um dispositivo de geração de imagens configurado para irradiar seletivamente o material fotocurável para pelo menos parcialmente solidificar uma camada de um componente compósito em pó.

18. Aparelho, de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema de medição de pó compreende:

um coletor de pó configurado para receber o pó a partir da tremonha de pó, o coletor de pó tendo um ou mais caminhos estreitos configurados para entregar o material em pó à plataforma de construção; e

um ou mais atuadores configurados para alimentar seletivamente o material em pó através de um ou mais caminhos estreitos.

19. Aparelho, de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os um ou mais atuadores são configurados para agitar o material em pó em ou próximo a pelo menos um dos um ou mais caminhos estreitos para fazer com que o material em pó flua através de pelo menos um dos um ou mais respectivos caminhos

estreitos.

20. Aparelho, de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o coletor de pó se estende linearmente em uma primeira direção e é configurado para transladar em uma segunda direção substancialmente perpendicular à primeira direção para distribuir uma camada do material em pó na plataforma de construção.

21. Aparelho, de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema de medição de pó compreende um sistema de retorno configurado para medir o acúmulo de pó à medida que é depositado, em que o sistema de medição de pó é controlado para variar a distribuição do material em pó com base na entrada recebida a partir do sistema de retorno.

22. Aparelho, de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um dispositivo de nivelamento configurado para planarizar o material em pó quando ele é depositado na plataforma de construção.

23. Método para fornecer um material em pó a uma plataforma de construção de uma máquina de fabricação de compósitos em pó, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

distribuir seletivamente o material em pó de uma tremonha de pó para a plataforma de construção; e

controlar a entrega do material em pó usando um sistema de medição de pó em comunicação com a tremonha de pó.

24. Método, de acordo com a reivindicação 23, **CARACTERIZADO** pelo fato de que controlar a entrega do material em pó usando um sistema de medição de pó compreende:

entregar o material em pó da tremonha de pó para um coletor de pó tendo um ou mais caminhos estreitos configurados para entregar o material em pó para a plataforma de construção; e

operar um ou mais atuadores para alimentar seletivamente o material em pó através de um ou mais caminhos estreitos.

25. Método, de acordo com a reivindicação 24, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que operar um ou mais atuadores compreende agitar o material em pó em ou próximo a pelo menos um dos um ou mais caminhos estreitos para fazer com que o material em pó flua através de pelo menos um dos respectivos um ou mais caminhos estreitos.

26. Método, de acordo com a reivindicação 24, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o coletor de pó se estende linearmente em uma primeira direção; e

em que o coletor de pó é transladado em uma segunda direção substancialmente perpendicular à primeira direção enquanto opera um ou mais atuadores para distribuir uma camada do material em pó na plataforma de construção.

27. Método, de acordo com a reivindicação 23, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que controlar a entrega do material em pó usando um sistema de medição de pó compreende aplicar uma carga eletrostática para mover o pó para produzir a camada.

28. Método, de acordo com a reivindicação 27, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o material em pó compreende um material metálico que é tratado para produzir uma camada de óxido para facilitar o manuseio eletrostático.

29. Método, de acordo com a reivindicação 27, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o material em pó é revestido com uma película de polímero para facilitar o manuseio eletrostático.

30. Método, de acordo com a reivindicação 23, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que distribuir seletivamente o material em pó a partir de uma tremonha de pó compreende entregar o material em pó em uma suspensão fluida.

31. Método, de acordo com a reivindicação 23, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

medir o acúmulo de pó à medida que é depositado; e

variar a entrega do material em pó com base no acúmulo medido.

32. Método, de acordo com a reivindicação 23, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende planarizar o material em pó quando ele é depositado na plataforma de construção.

33. Método para fabricação de compósitos em pó, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

entregar um material em pó a uma plataforma de construção;

infundir o material em pó com um material fotocurável; e

ativar seletivamente um dispositivo de geração de imagens para irradiar o material fotocurável para solidificar pelo menos parcialmente uma camada de um componente compósito em pó;

em que o material fotocurável compreende pelo menos um material de resina, incluindo pelo menos um monômero ou oligômero reativo e um fotoiniciador que é configurado para polimerizar o componente de monômero ou oligômero quando submetido à estimulação por irradiação.

34. Método, de acordo com a reivindicação 33, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o fotoiniciador tem uma concentração em massa superior a 1% do material fotocurável.

35. Método, de acordo com a reivindicação 33, **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos um material de resina compreende um componente que é removível usando um processo de decomposição catalítica; e

em que o monômero ou oligômero reativo não é reativo com o catalisador usado no processo de decomposição catalítica.

36. Método, de acordo com a reivindicação 33, **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos um material de resina compreende um componente que é removível usando um processo de decomposição catalítica; e

em que o material fotocurável não é reativo com o catalisador usado no

processo de decomposição catalítica.

37. Método, de acordo com a reivindicação 33, **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos um material de resina compreende um componente que é solúvel em um solvente no qual o material fotocurável não é solúvel.

38. Método, de acordo com a reivindicação 33, **CARACTERIZADO** pelo fato de que pelo menos um material de resina compreende um componente adicionado com um primeiro ponto de fusão que é inferior a um segundo ponto de fusão do material fotocurável; e

em que o método é realizado a uma temperatura acima do primeiro ponto de fusão.

39. Método, de acordo com a reivindicação 38, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o material fotocurável é configurado para se decompor em um processo de decomposição catalítica; e

em que o componente adicionado não é reativo com o catalisador usado no processo de decomposição catalítica.

40. Método, de acordo com a reivindicação 38, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o material fotocurável é solúvel em um solvente no qual o componente adicionado é insolúvel.

41. Aparelho para fabricar um objeto tridimensional, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

um dispositivo de transferência de pó configurado para entregar um material em pó a uma plataforma de construção;

um sistema de fornecimento de material fotocurável em comunicação com a plataforma de construção e configurado para entregar pelo menos um material fotocurável em pelo menos uma parte do material em pó depositado;

um dispositivo de geração de imagens configurado para irradiar seletivamente o material fotocurável para pelo menos parcialmente solidificar uma camada de um

componente compósito em pó; e

um sistema de retorno visual configurado para monitorar a entrega de pelo menos um material fotocurável no material em pó depositado.

42. Aparelho, de acordo com a reivindicação 41, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema de retorno visual é calibrado para um comprimento de onda correspondente à infusão para um determinado material em pó.

43. Método para fabricar um objeto tridimensional, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

entregar um material em pó a uma plataforma de construção;

infundir pelo menos um material fotocurável em pelo menos uma parte do material em pó depositado;

ativar seletivamente um dispositivo de geração de imagens para irradiar o material fotocurável para solidificar pelo menos parcialmente uma camada de um componente compósito em pó;

monitorar a infusão de pelo menos um material fotocurável no material em pó depositado; e

controlar uma ou mais infusões do material em pó ou a ativação seletiva do dispositivo de geração de imagens em resposta ao monitoramento.

44. Método, de acordo com a reivindicação 43, **CARACTERIZADO** pelo fato de que monitorar a infusão do material em pó compreende posicionar uma ou mais câmeras para monitoramento visual da infusão.

45. Método, de acordo com a reivindicação 43, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o monitoramento da infusão é calibrado para um comprimento de onda correspondente à infusão para um determinado material em pó.

46. Método, de acordo com a reivindicação 43, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende medir a proximidade do material em pó depositado a um limite desejado do componente compósito em pó; e

em que ativar seletivamente o dispositivo de geração de imagens compreende ajustar qual parte do material fotocurável é irradiada para alcançar uma forma desejada do componente compósito em pó.

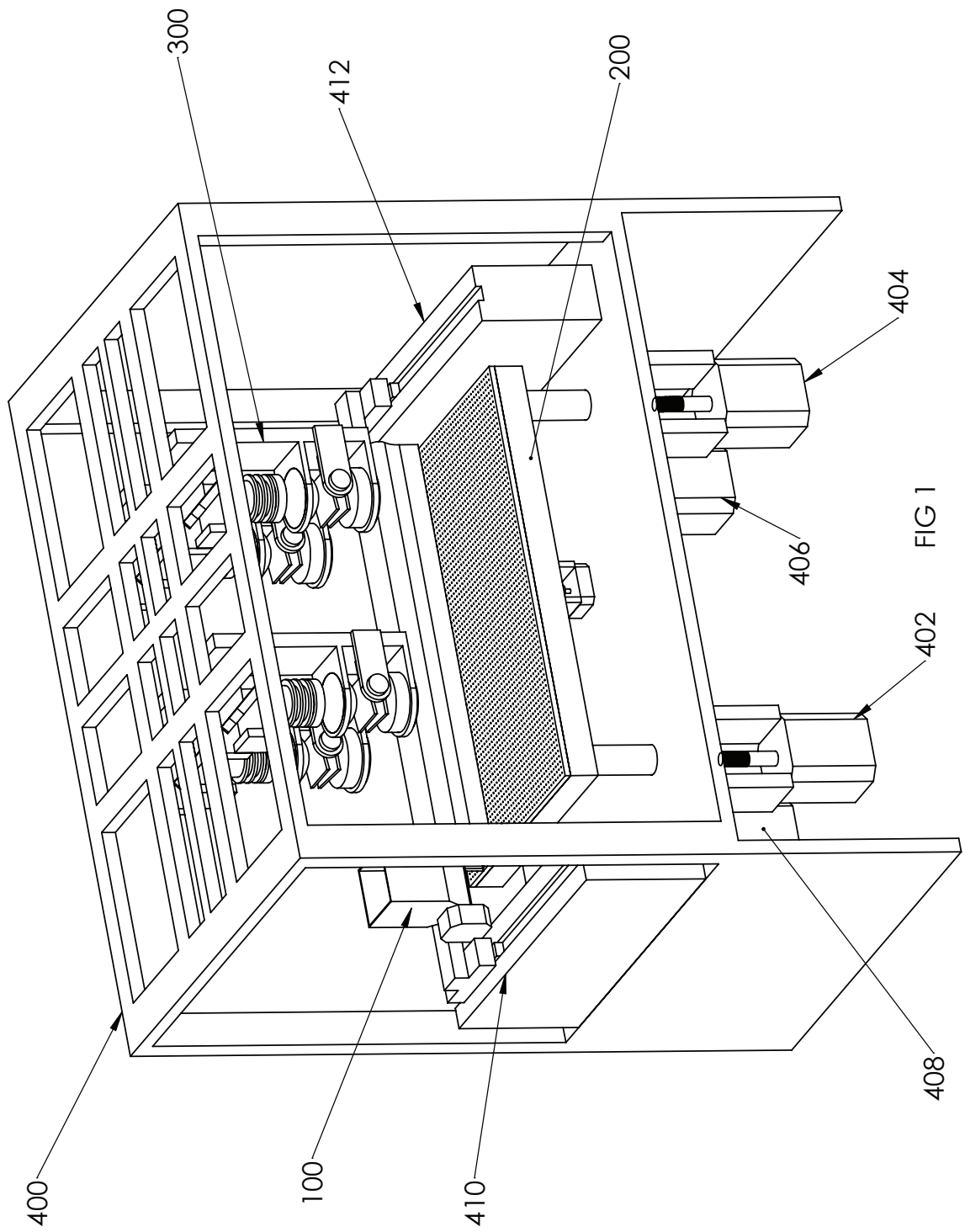
47. Método para fabricar um objeto tridimensional, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

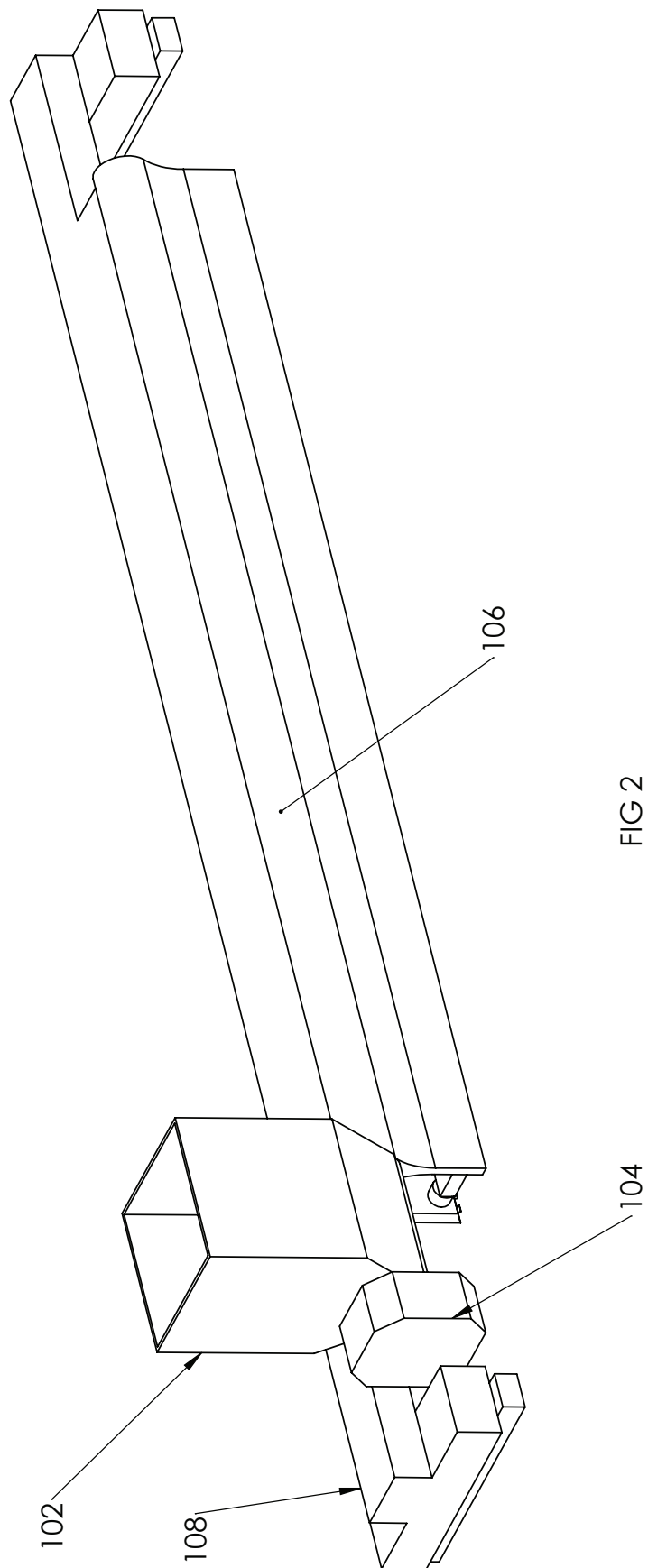
entregar um material em pó a uma plataforma de construção;

infundir pelo menos um material fotocurável em uma parte do material em pó depositado; e

pelo menos parcialmente, curar uma parte do material fotocurável quando parcialmente infundido no material em pó depositado, a fim de ligar uma camada fracionária de material.

48. Método, de acordo com a reivindicação 47, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que curar pelo menos parcialmente uma parte do material fotocurável compreende ajustar um ou mais parâmetros de cura para limitar uma profundidade na qual a parte do material fotocurável é curada.





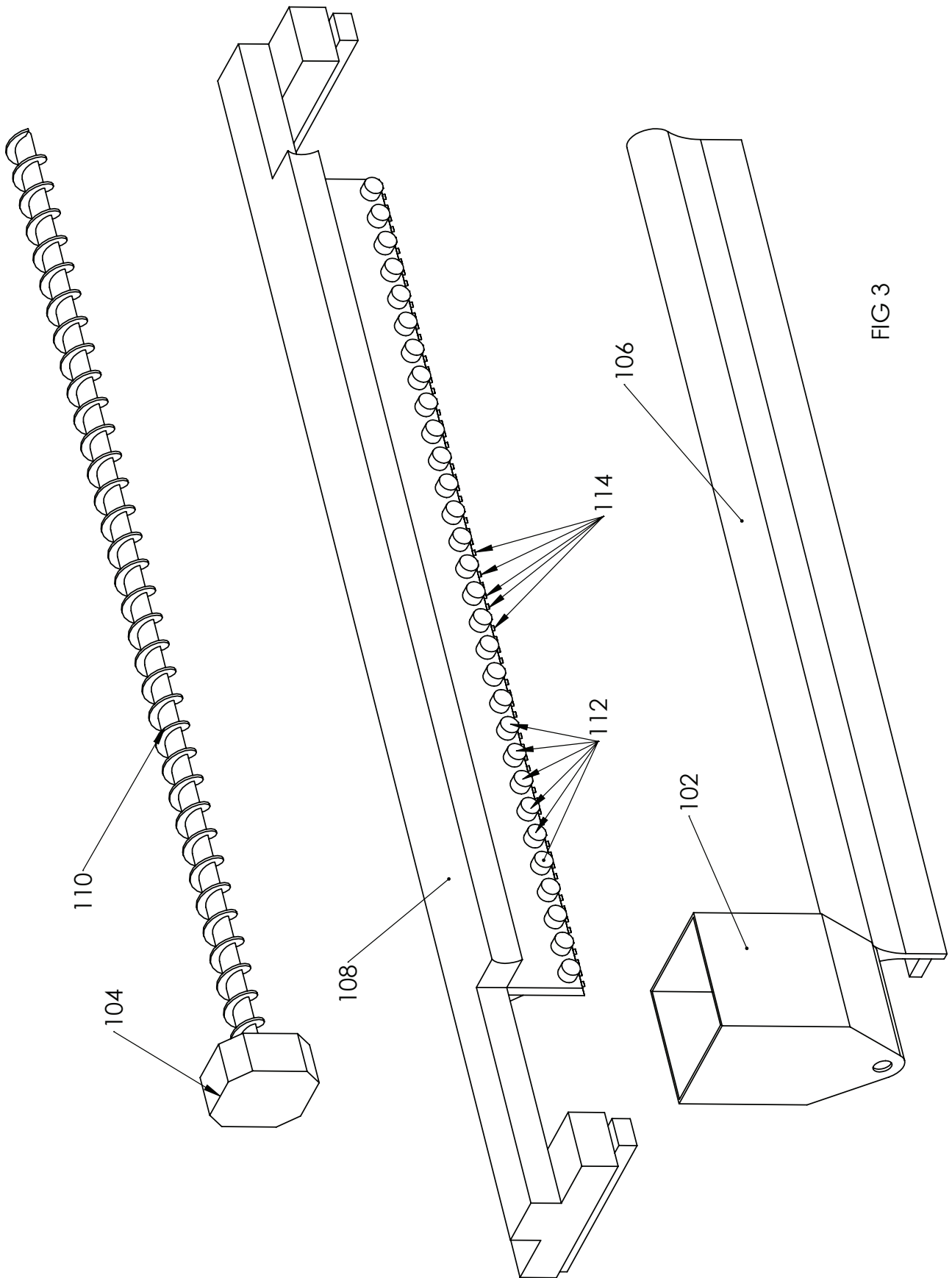
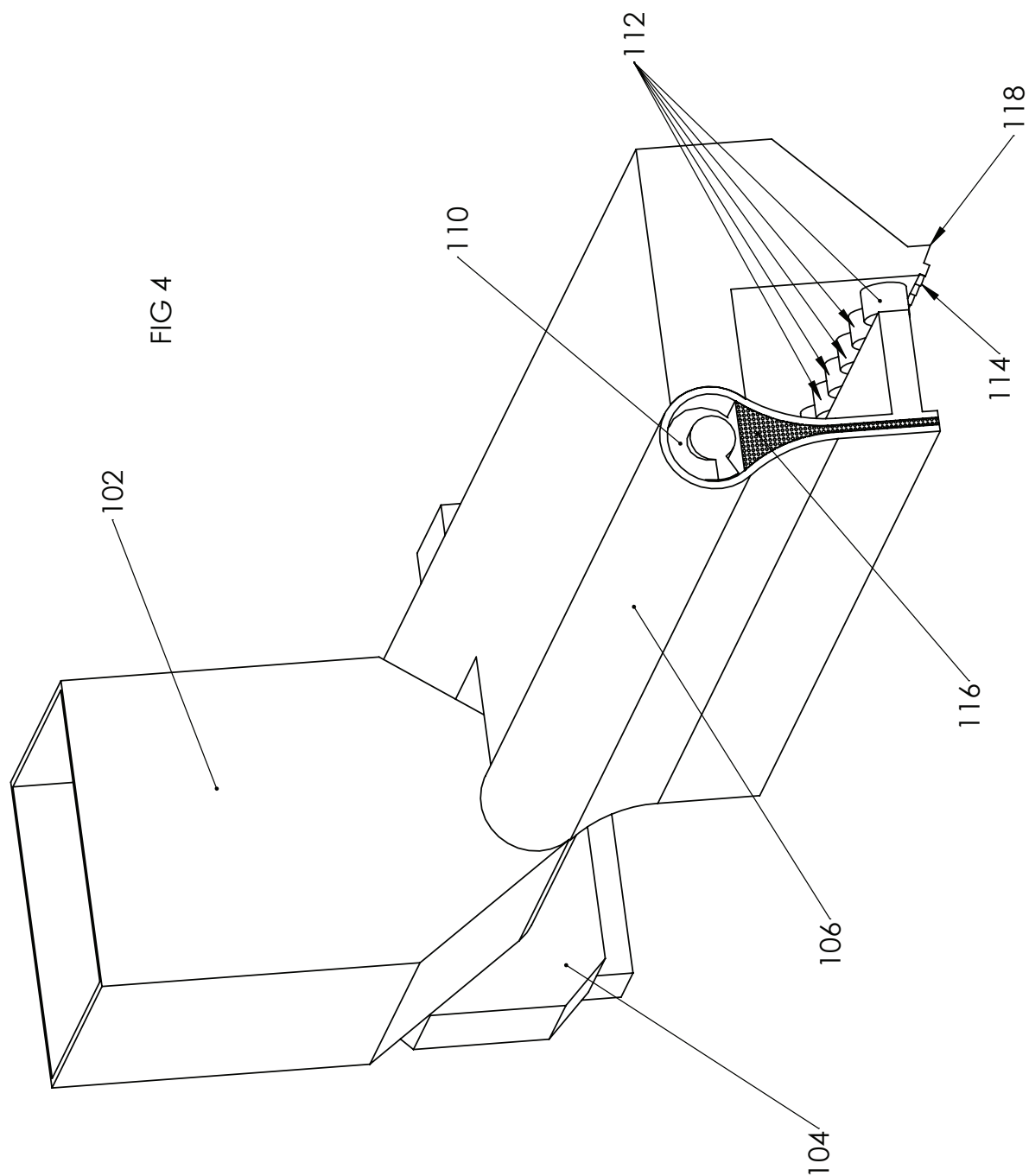


FIG 3



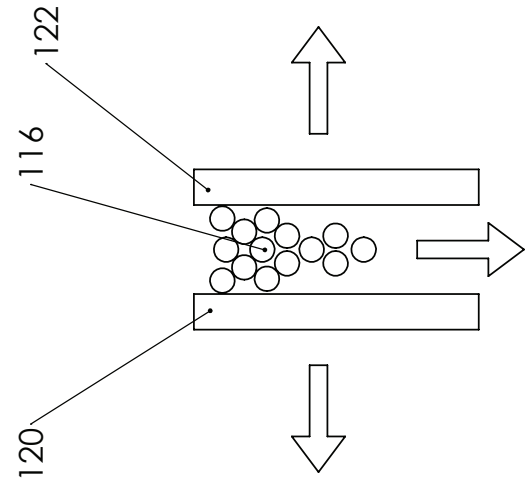


FIG 5B

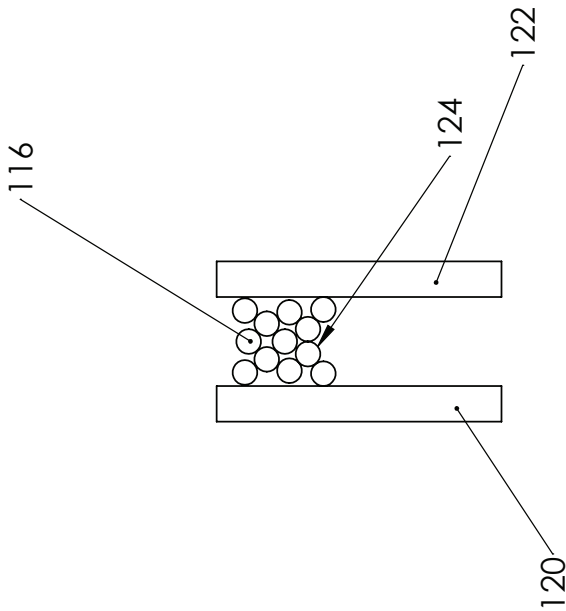


FIG 5A

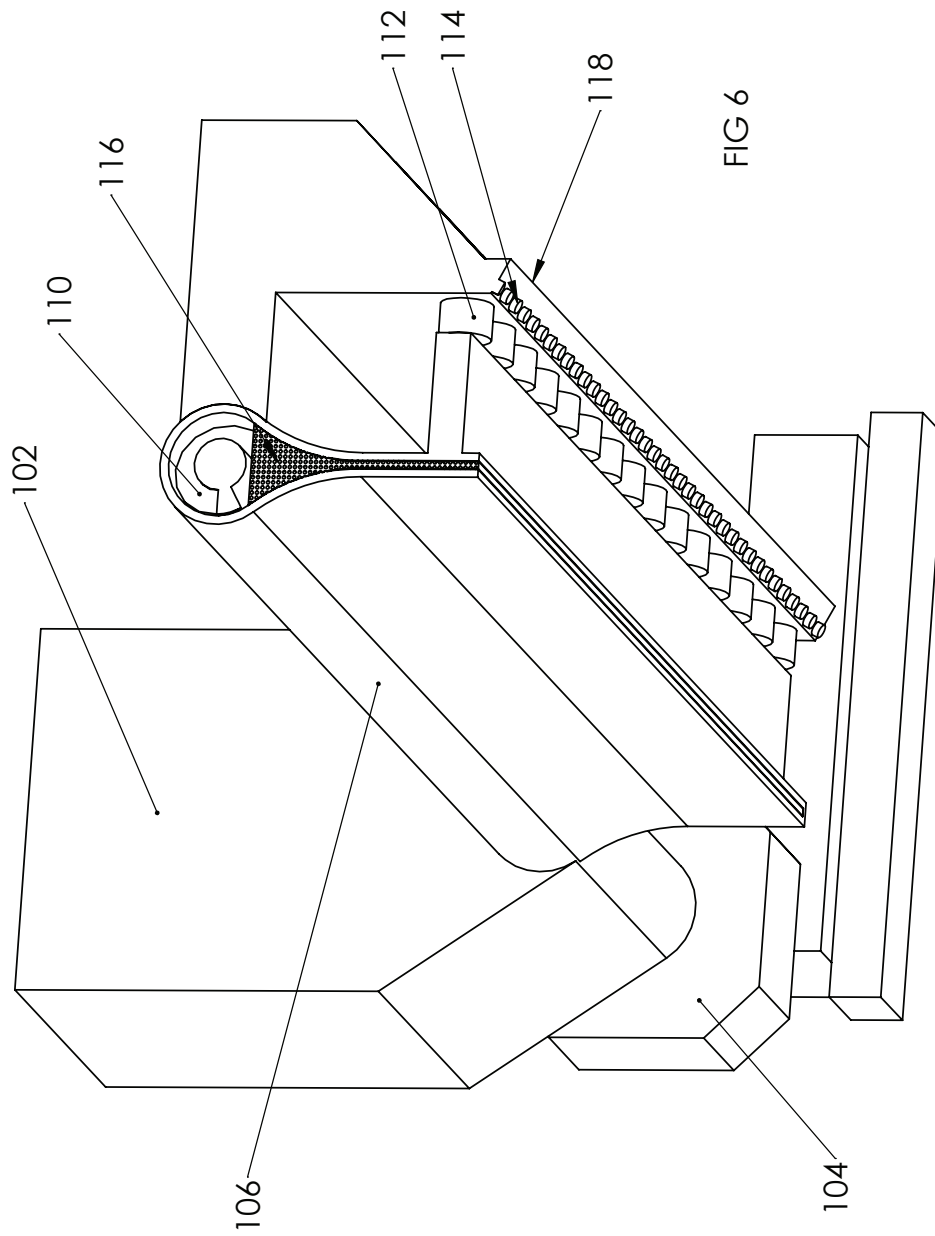
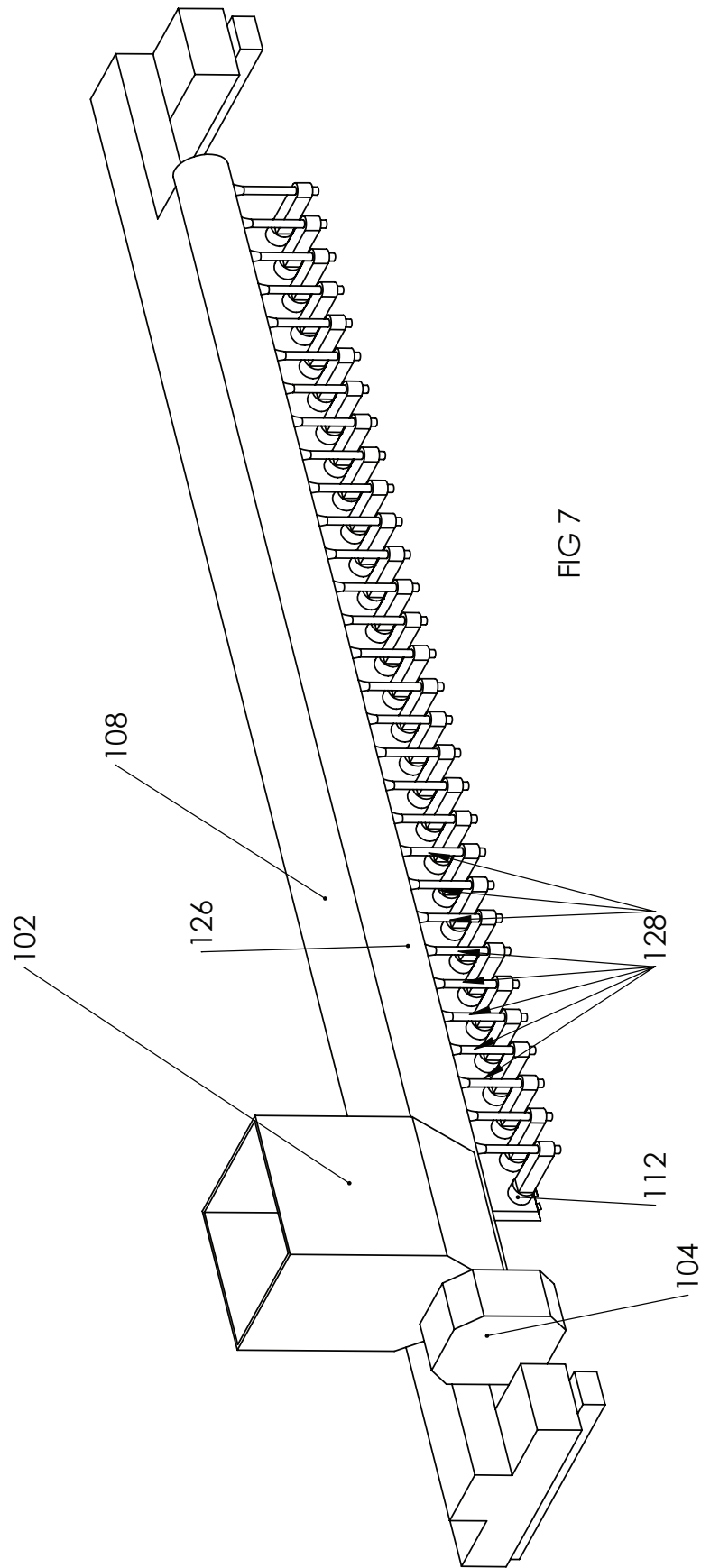
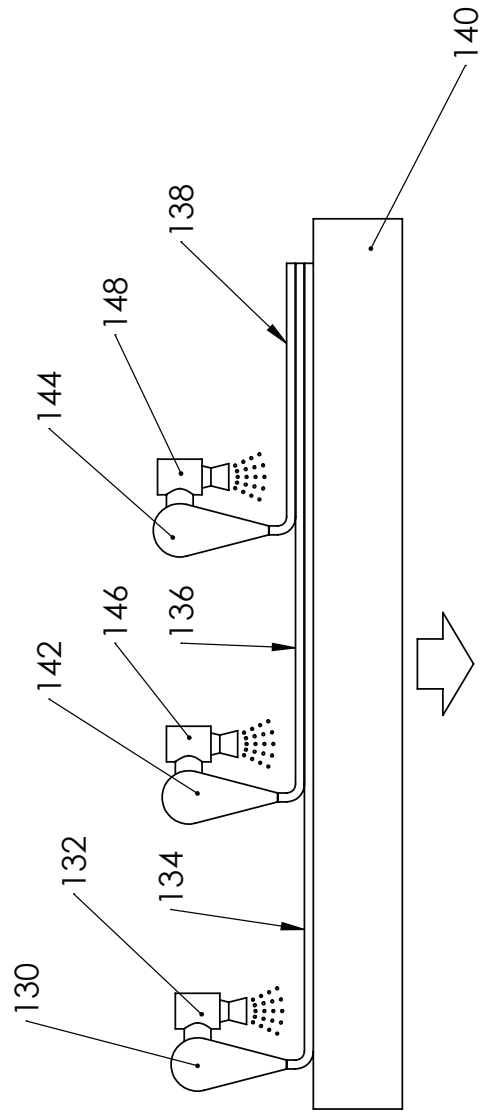
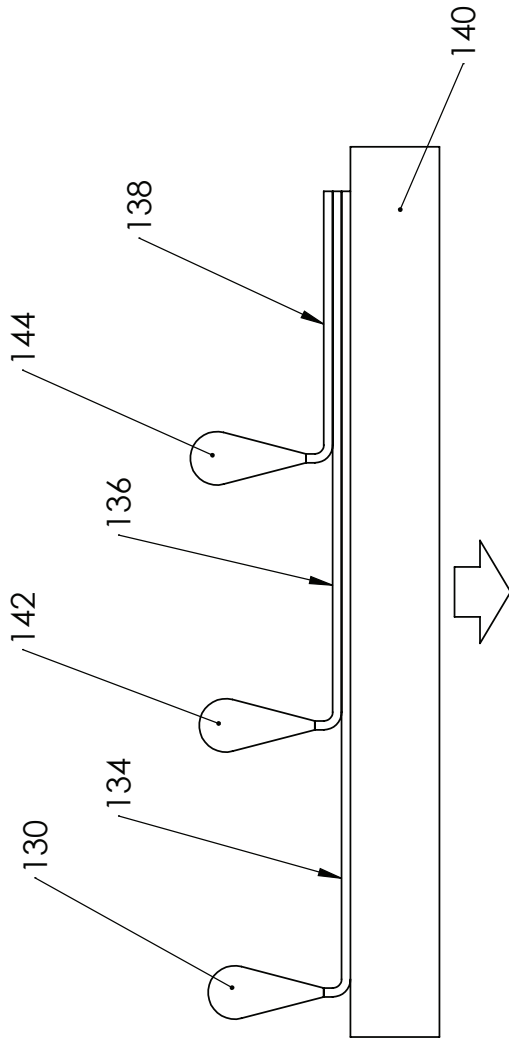


FIG 6





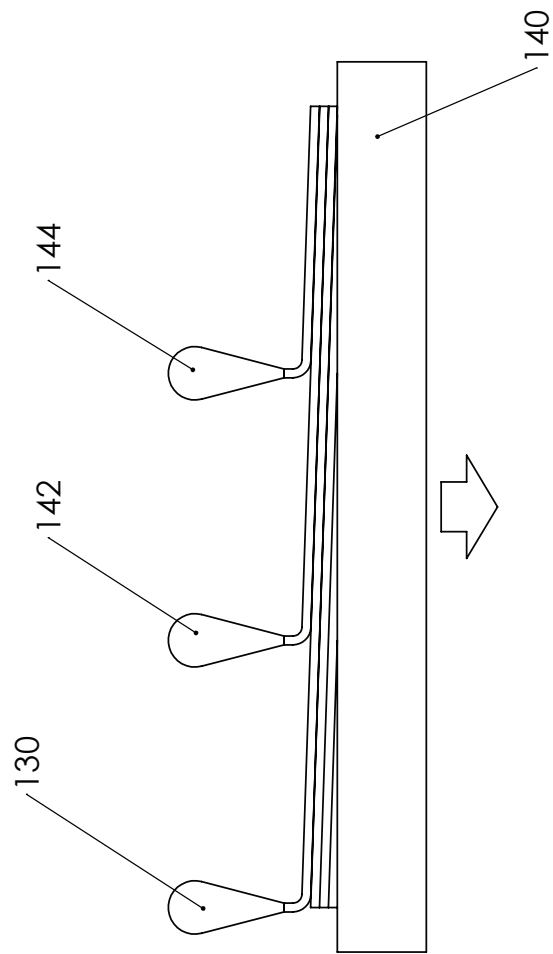


FIG 10

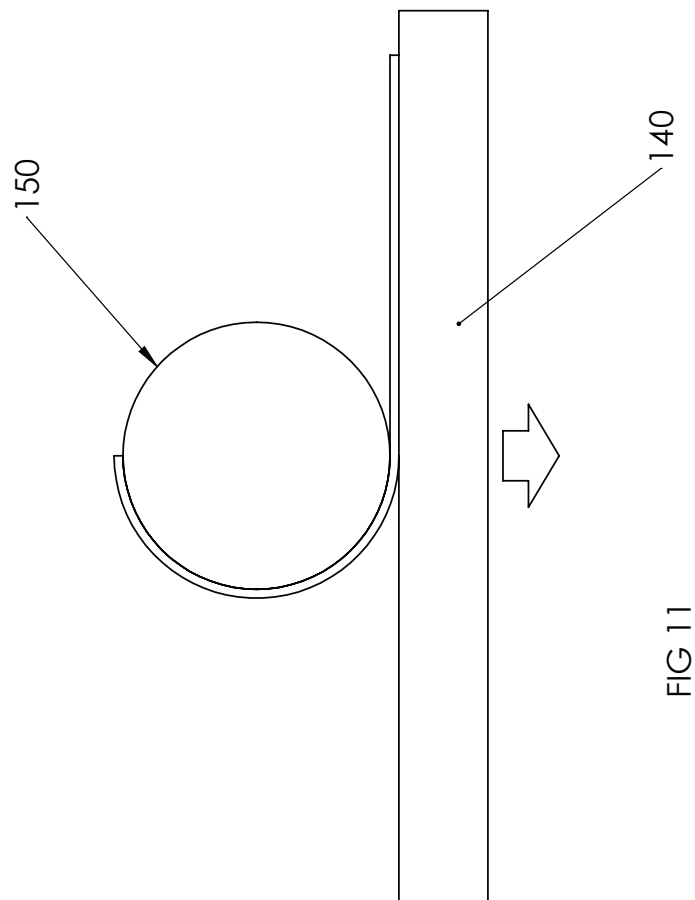
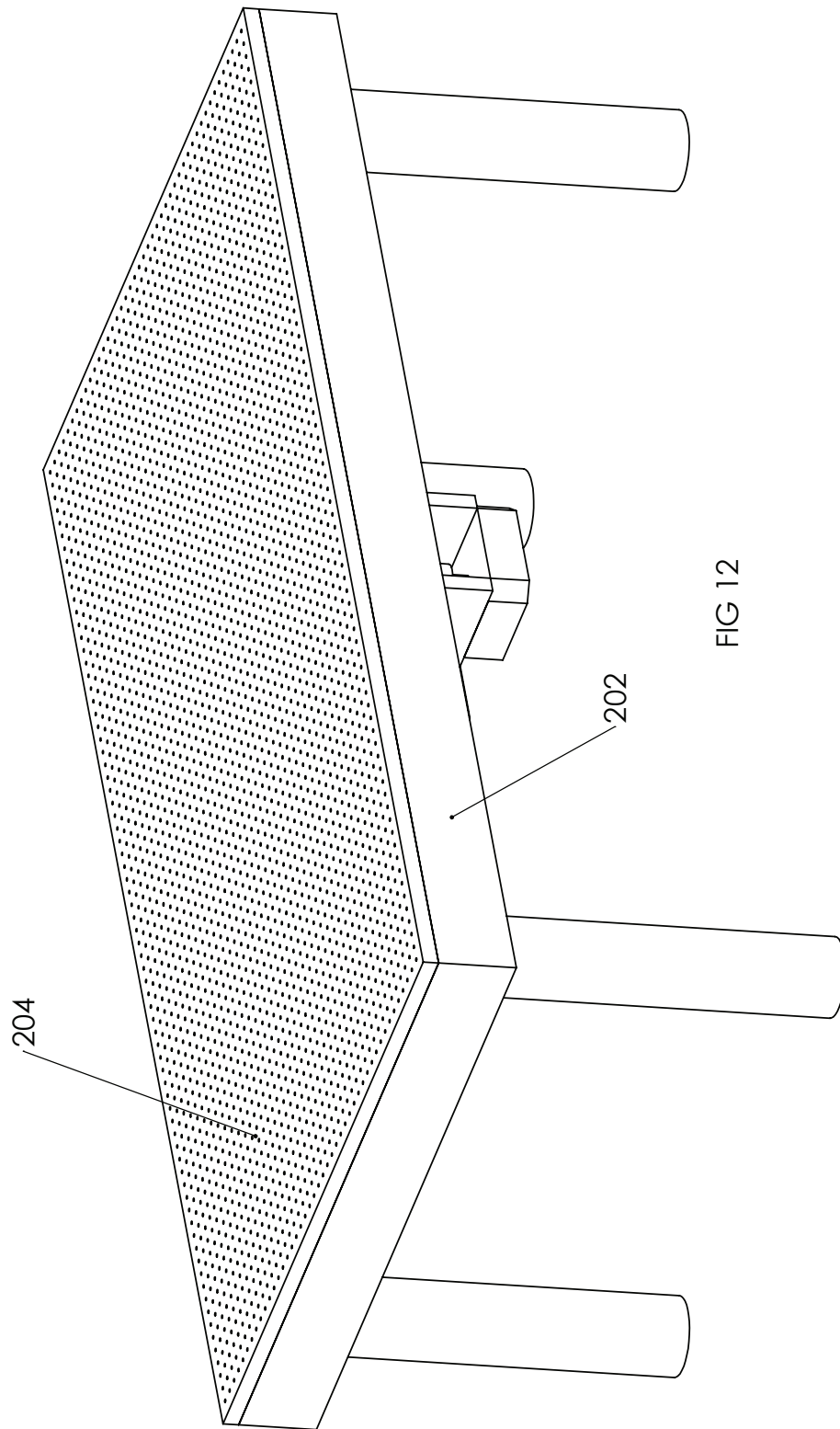
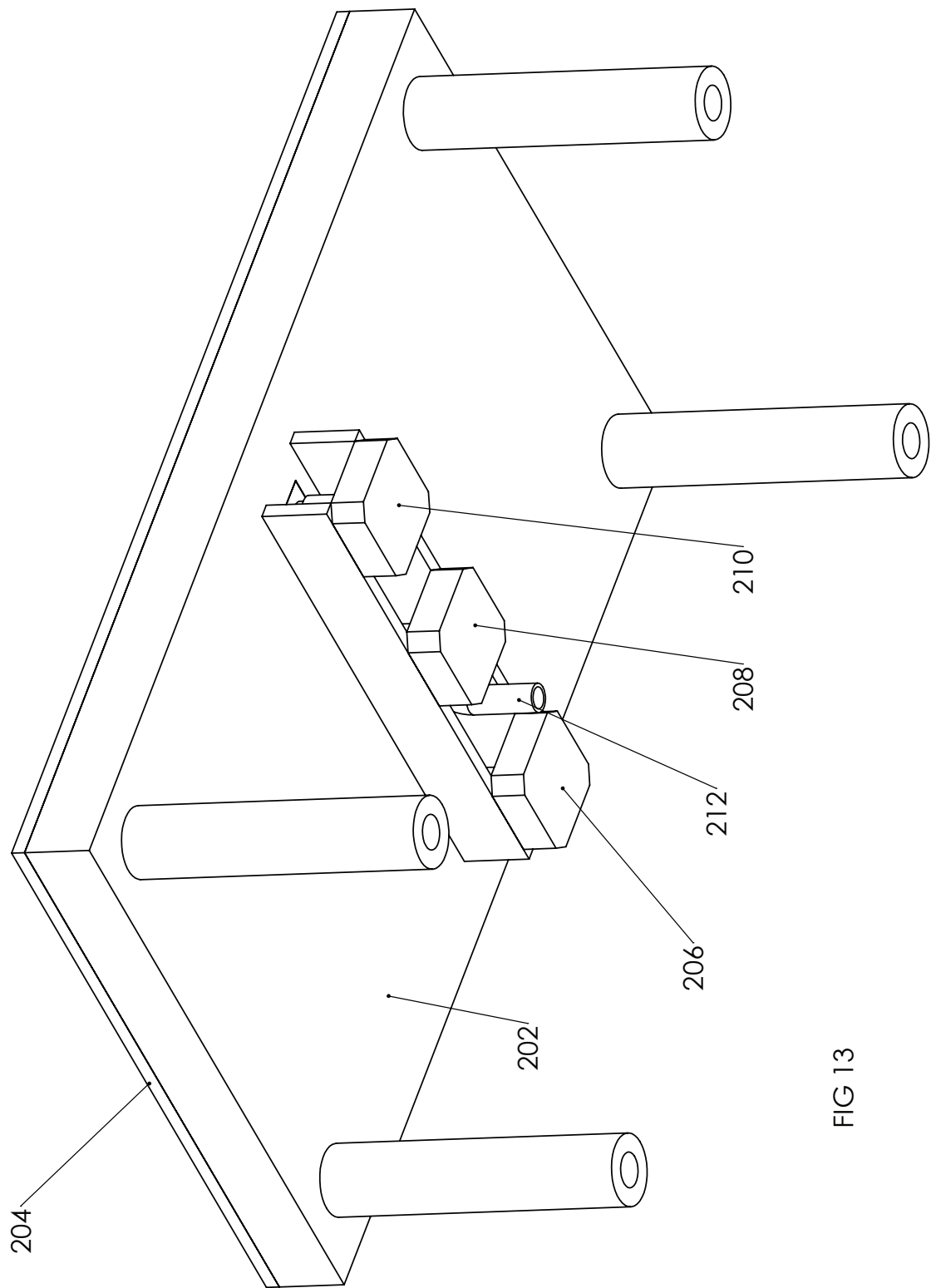
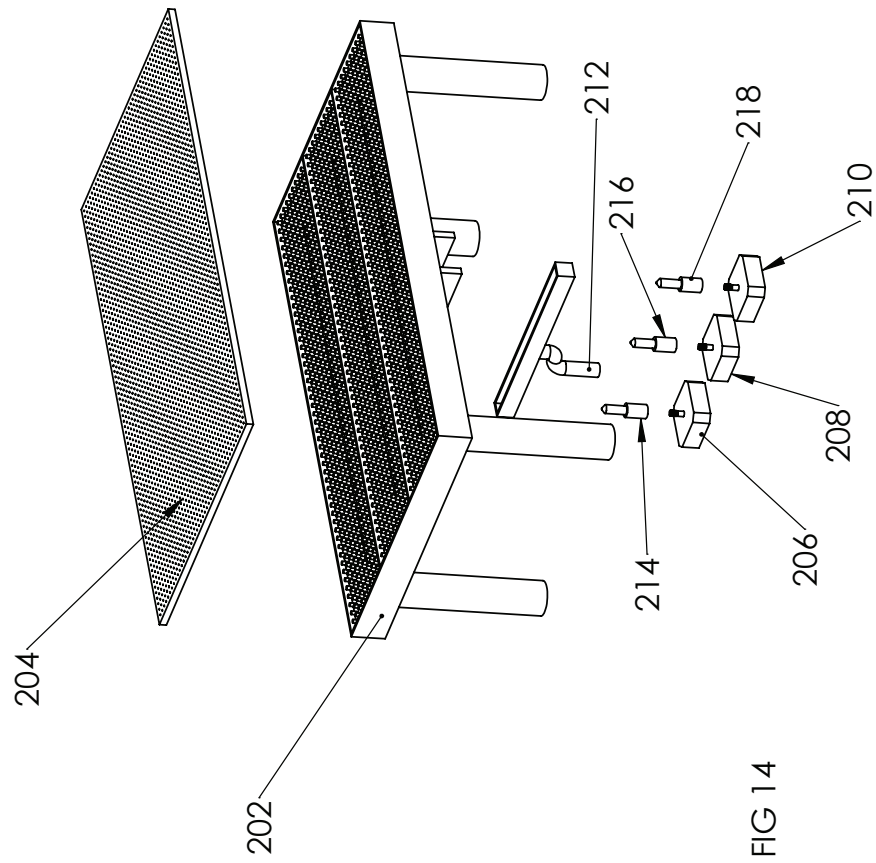


FIG 11







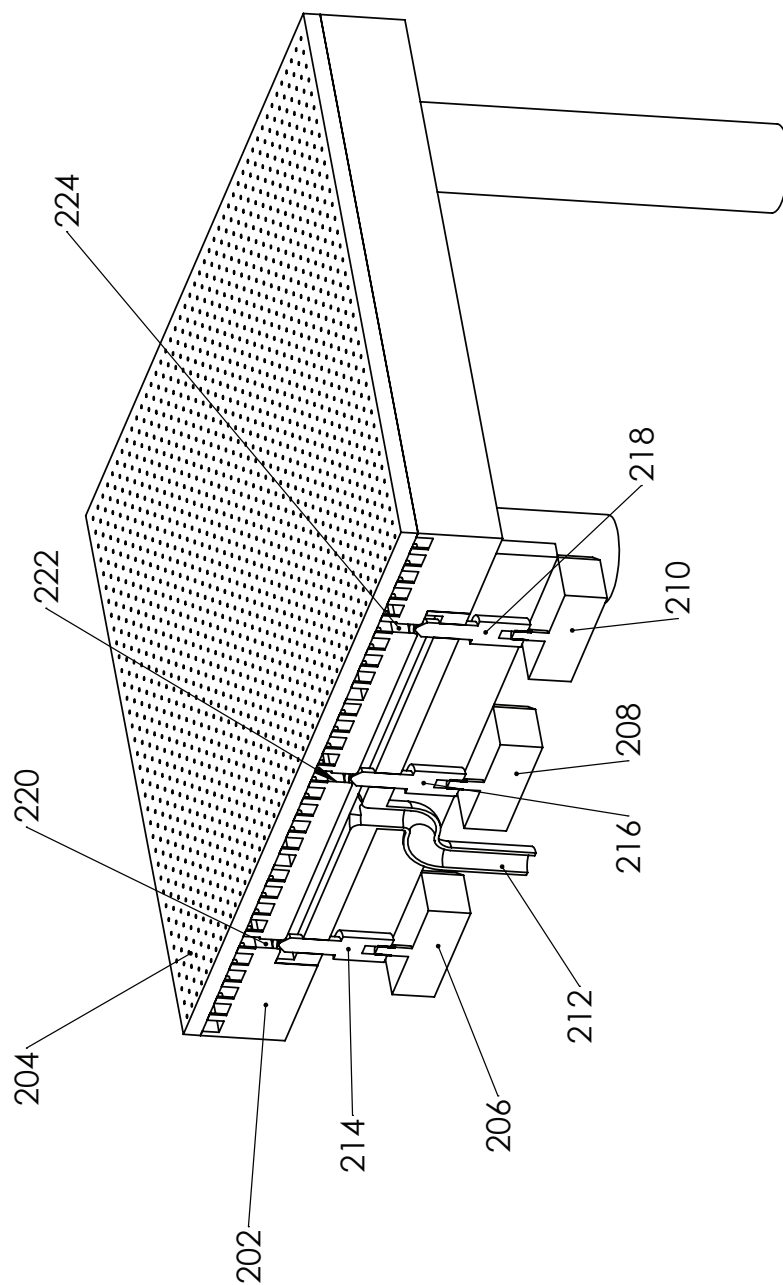
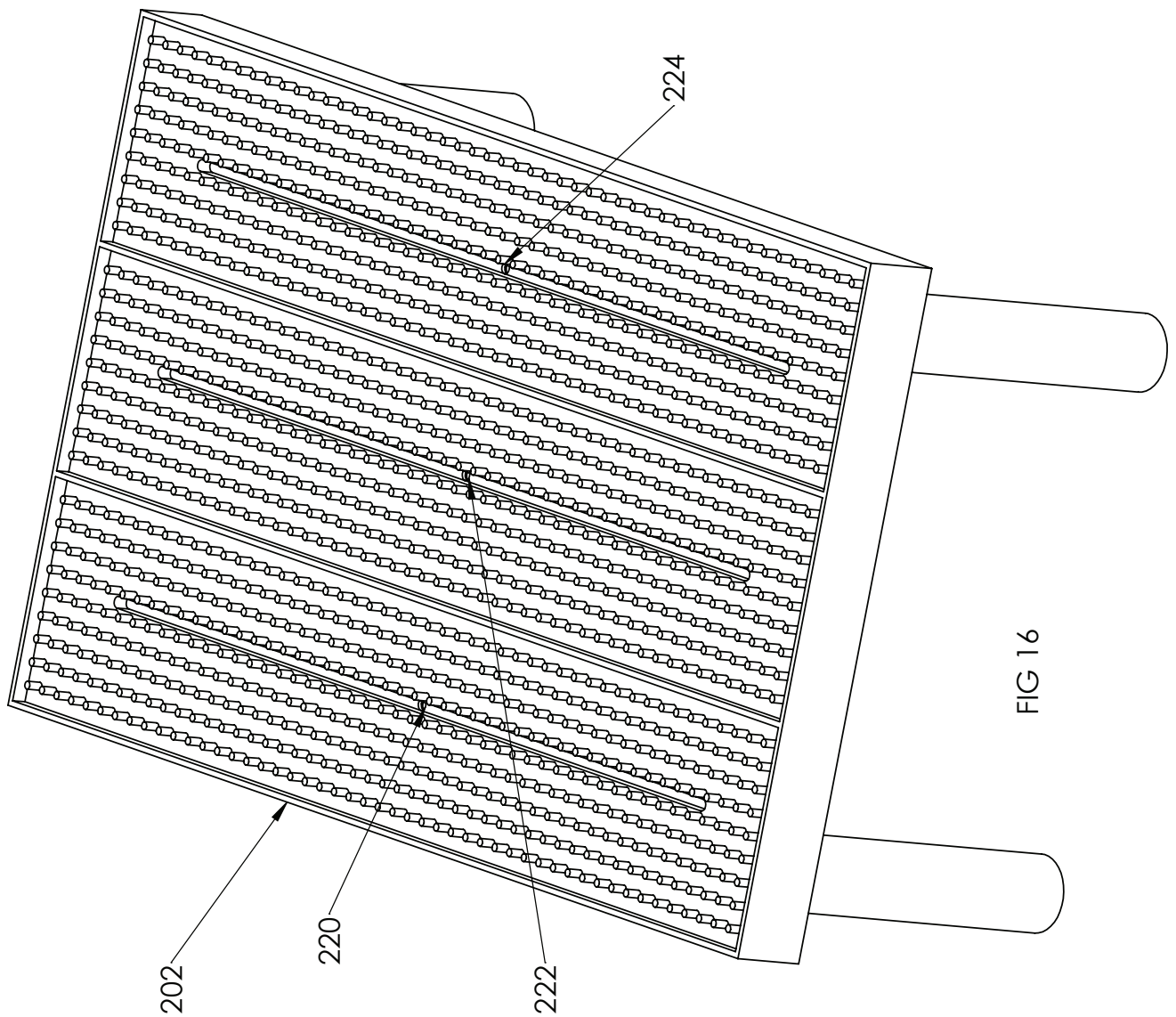


FIG 15



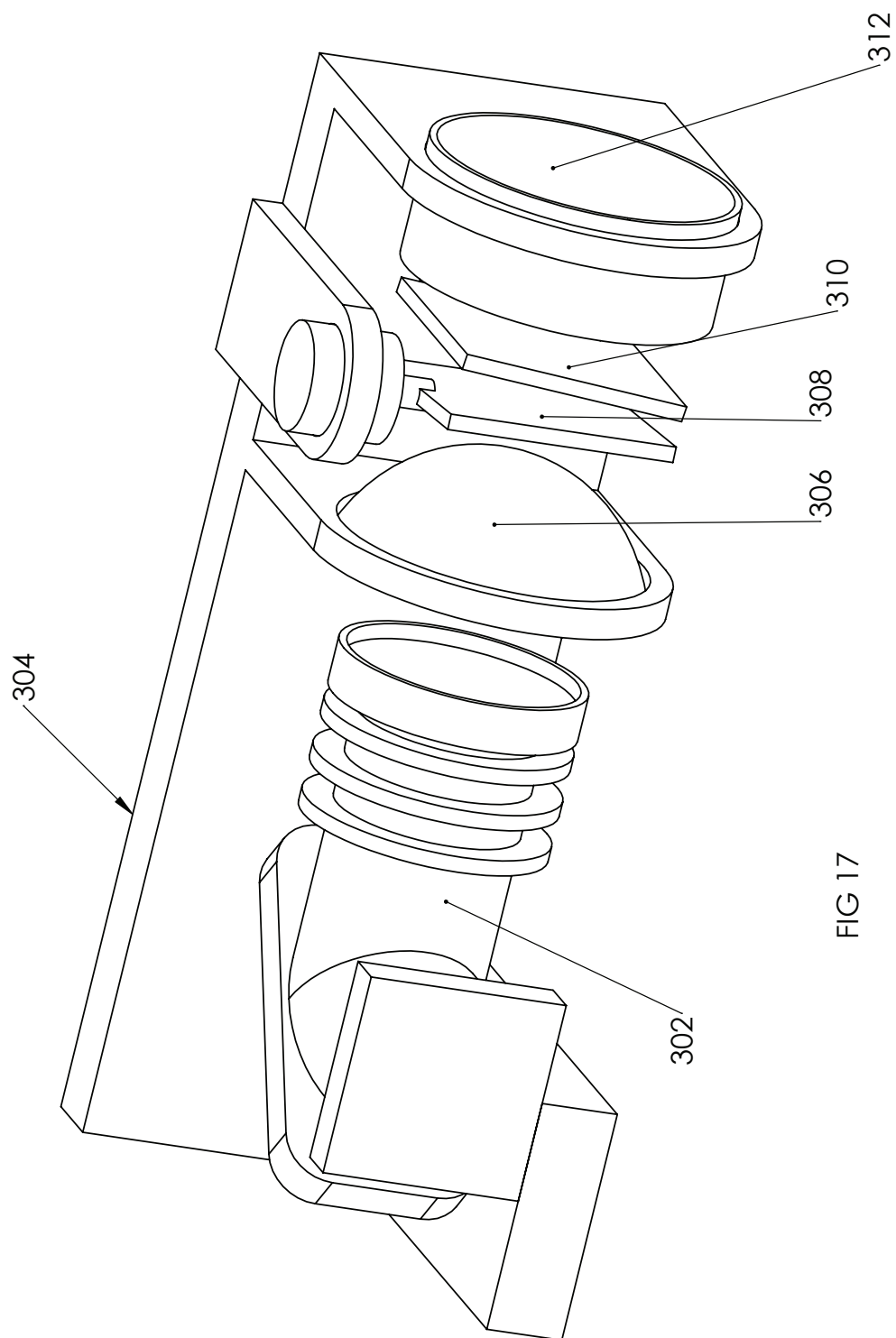
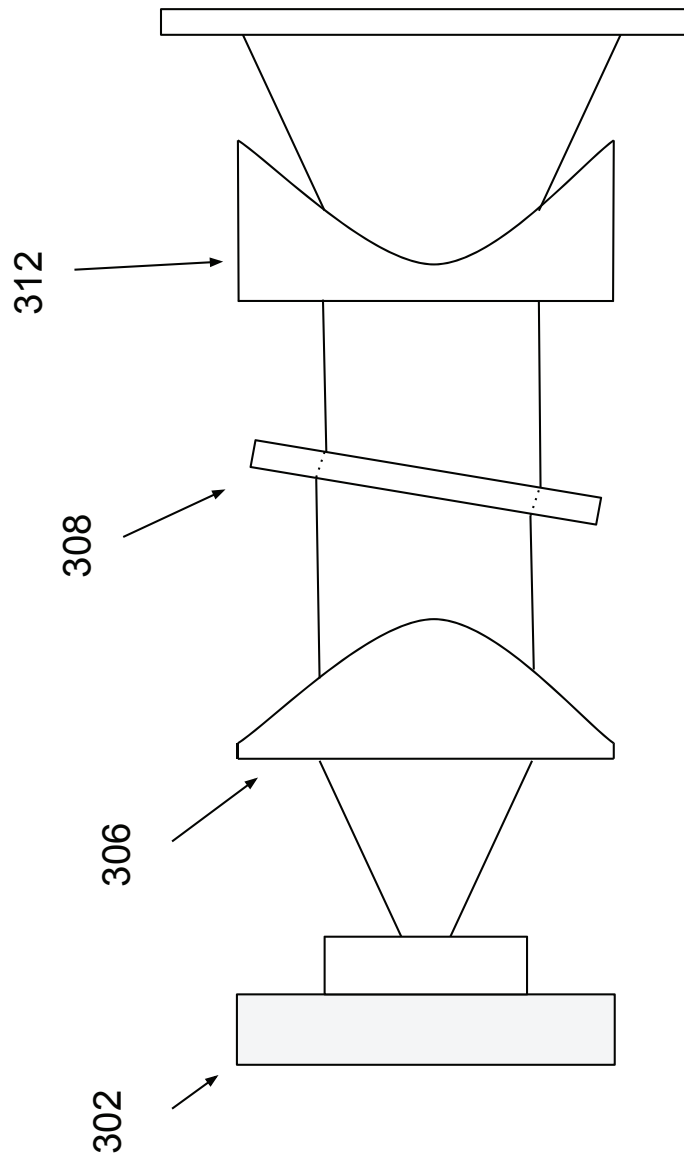


FIG 17

FIG 18



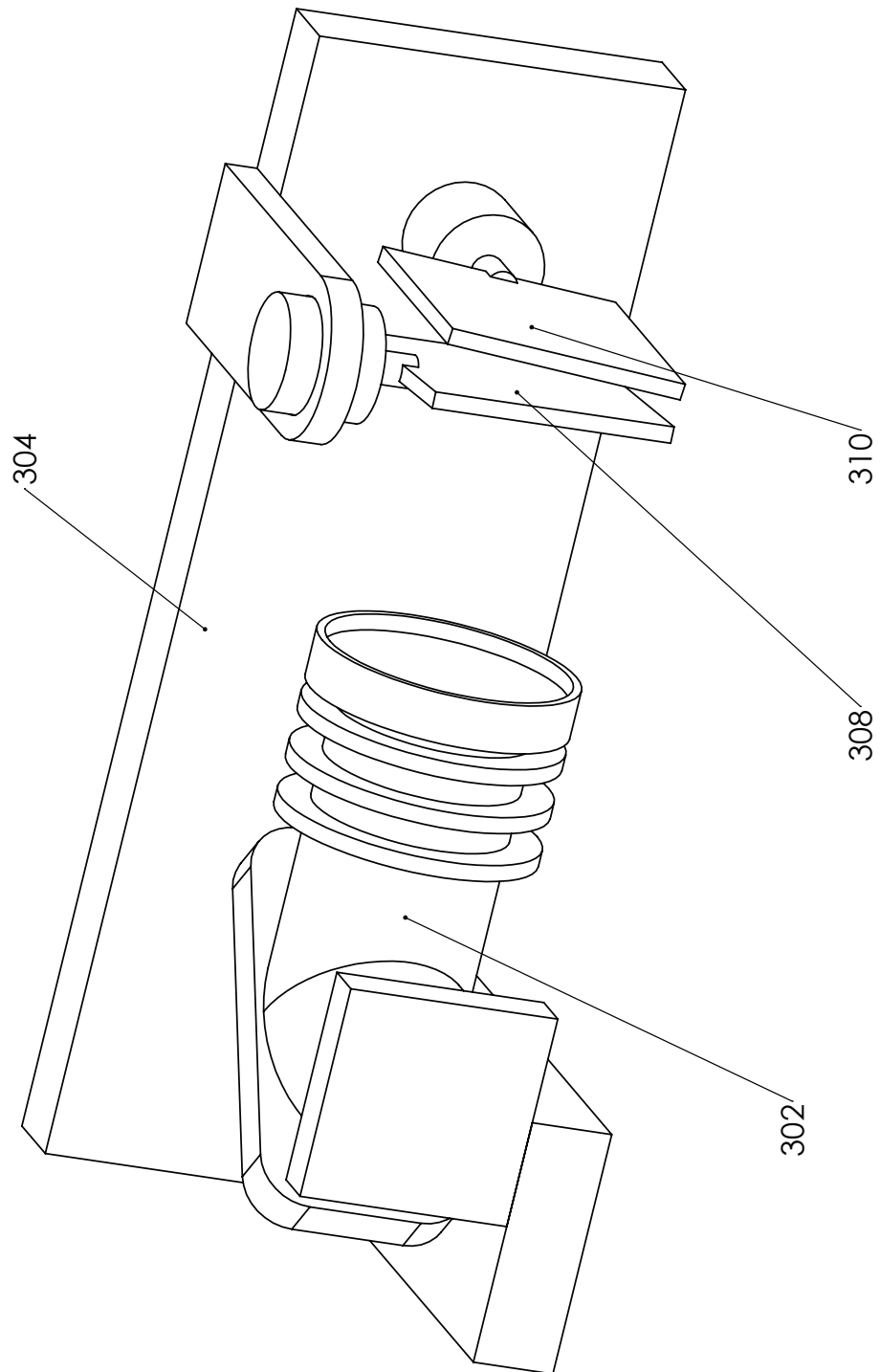
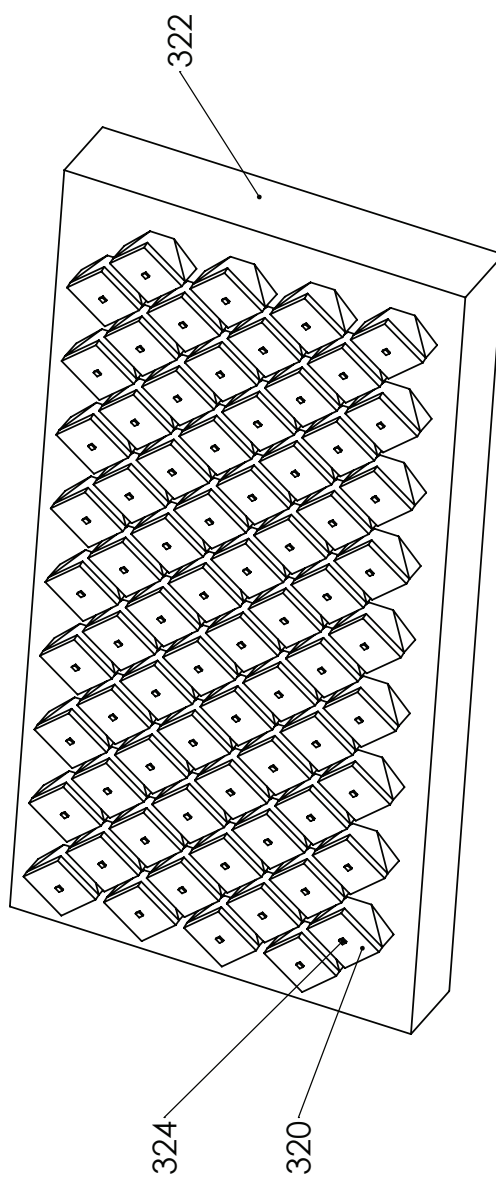
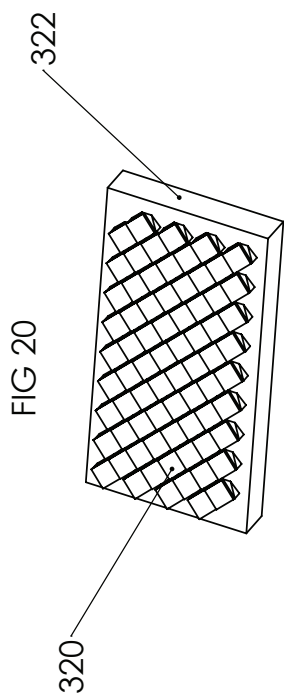
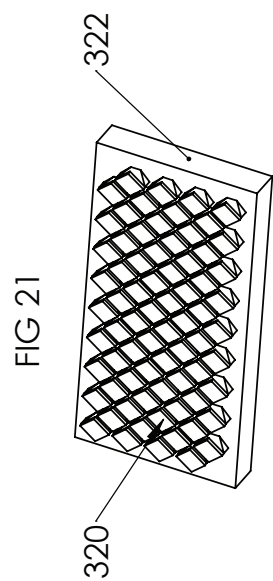
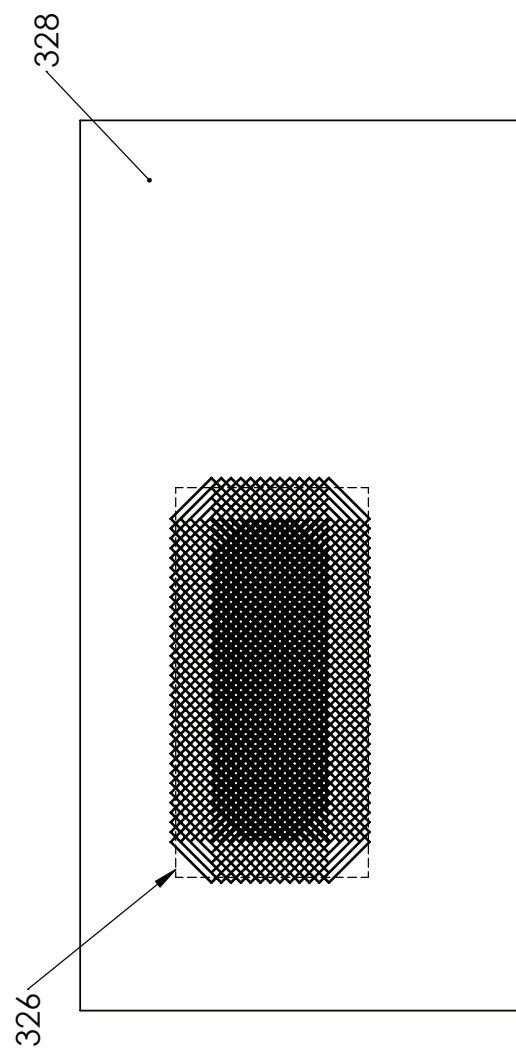
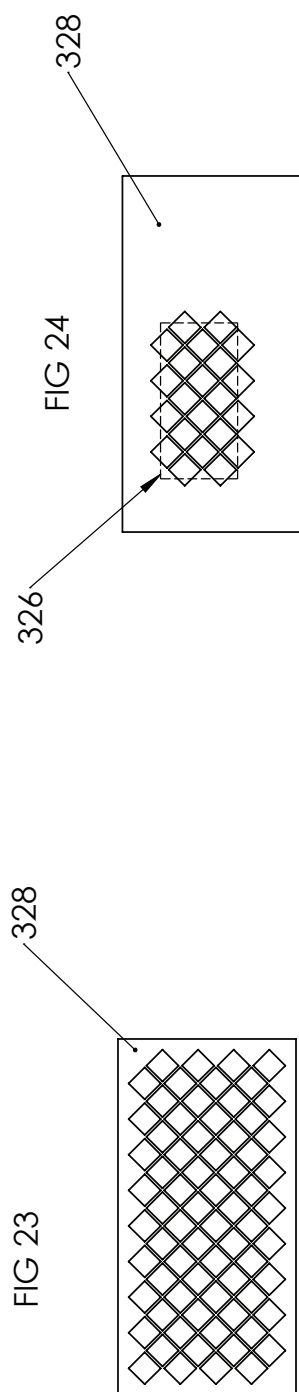


FIG 19





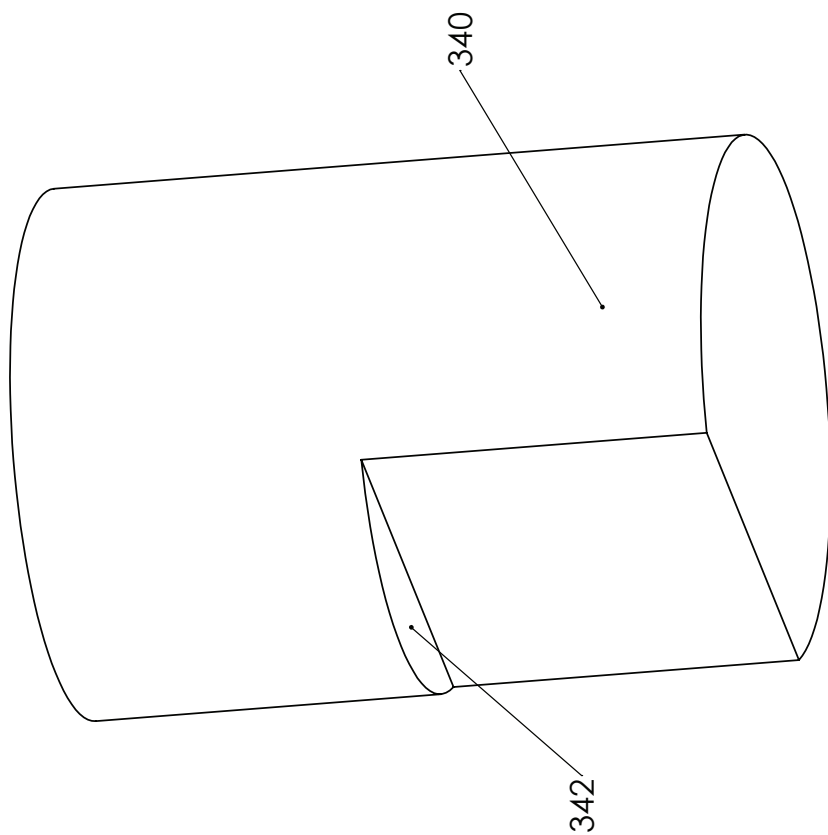


FIG 26B

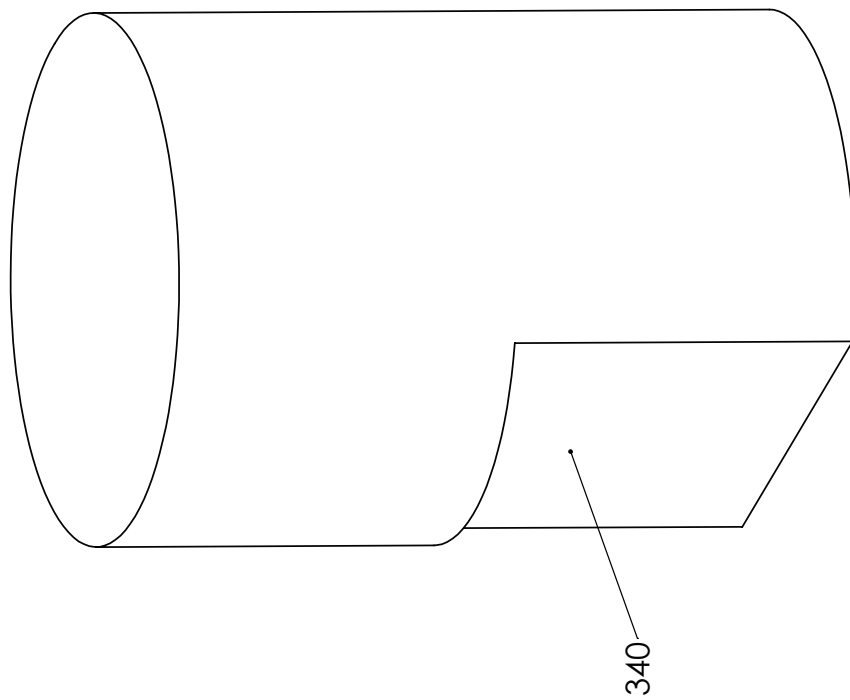


FIG 26A

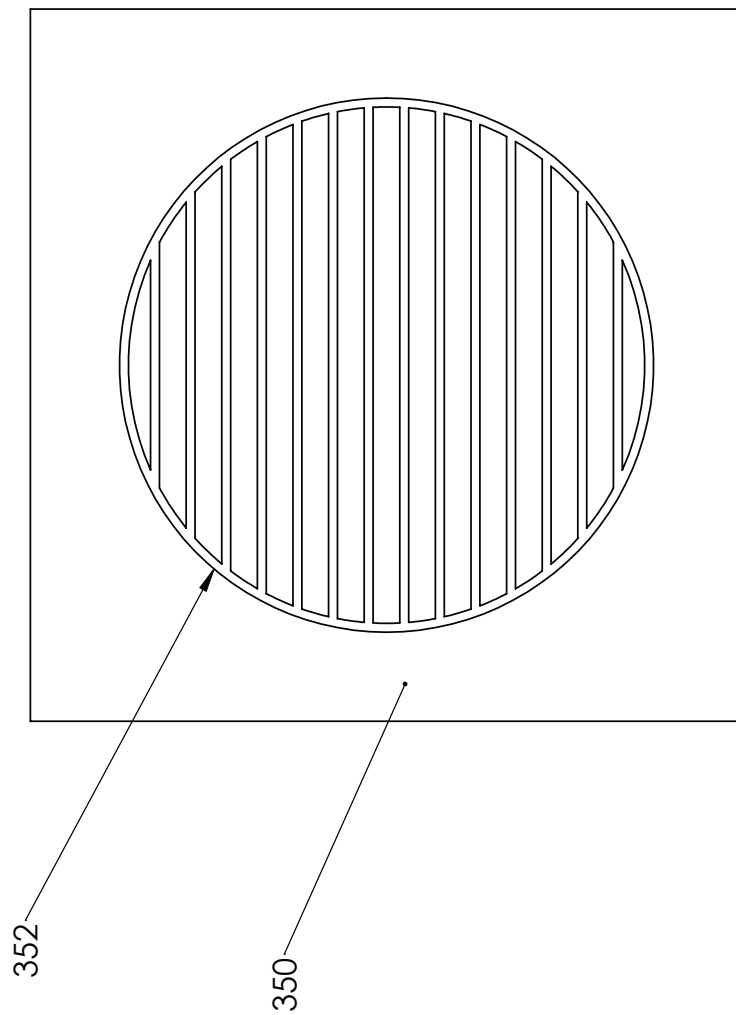


FIG 27

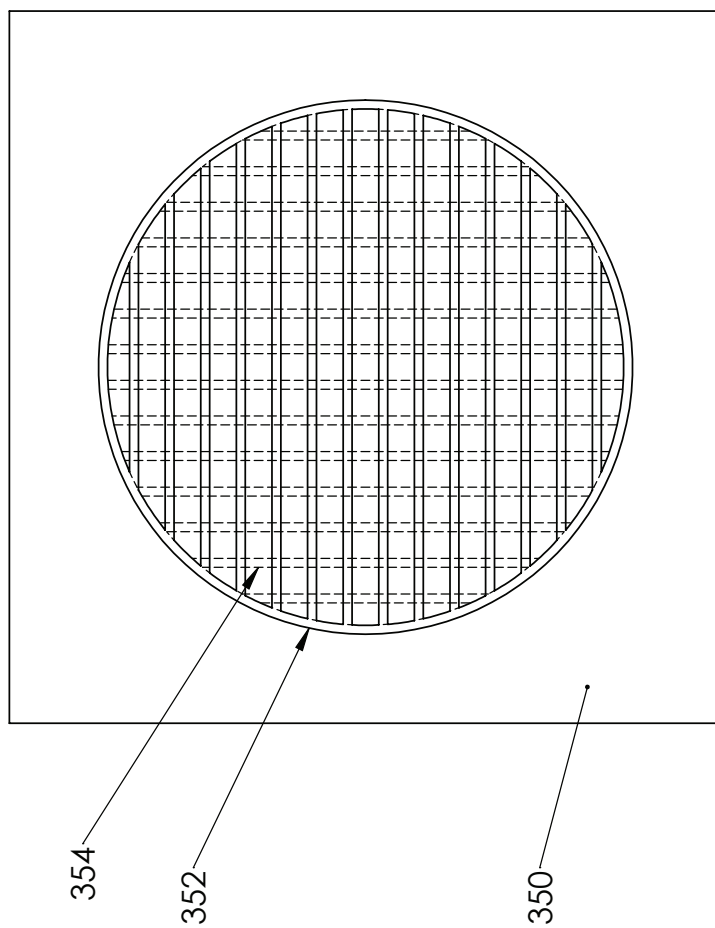


FIG 28

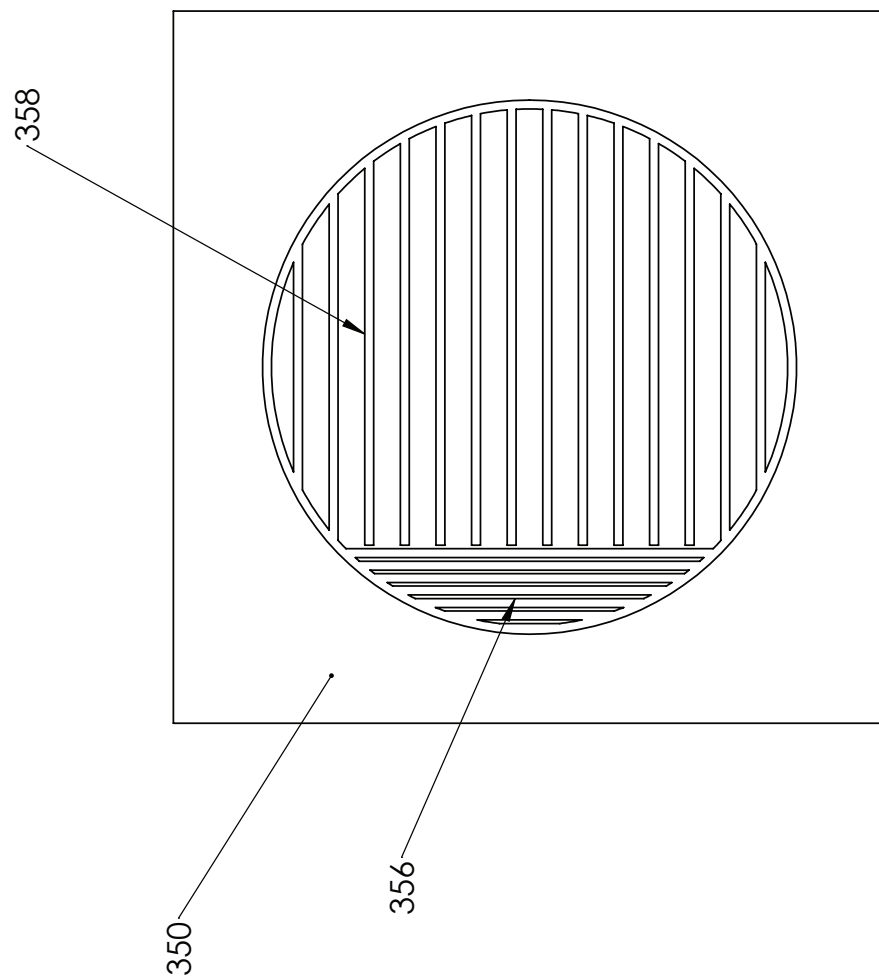


FIG 29

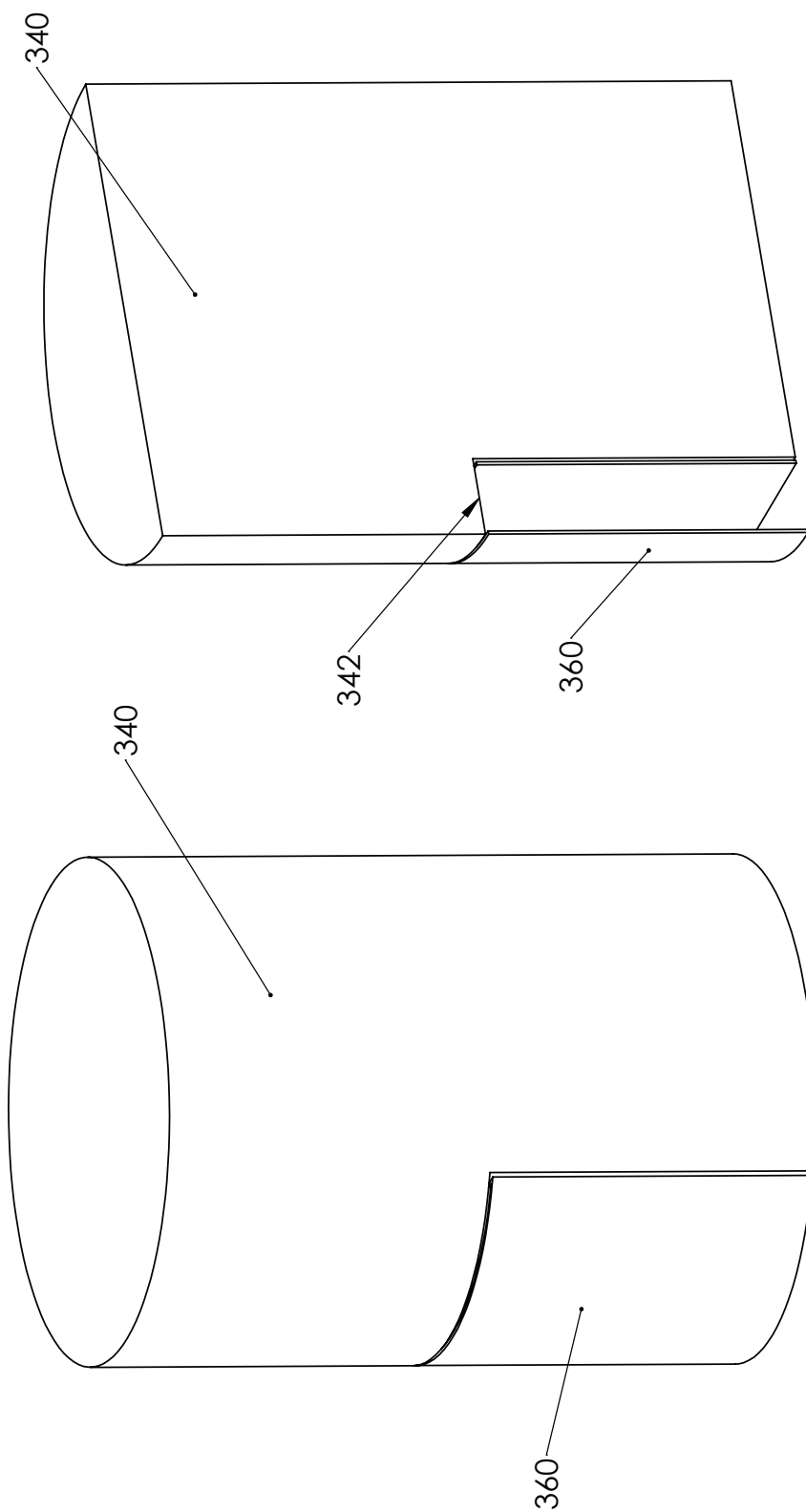
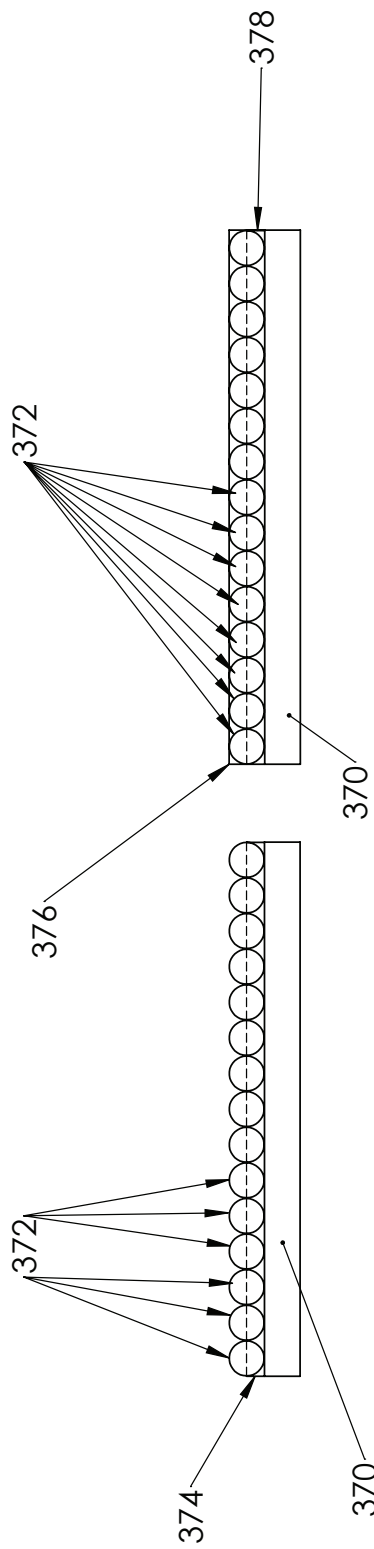


FIG 30B

FIG 30A



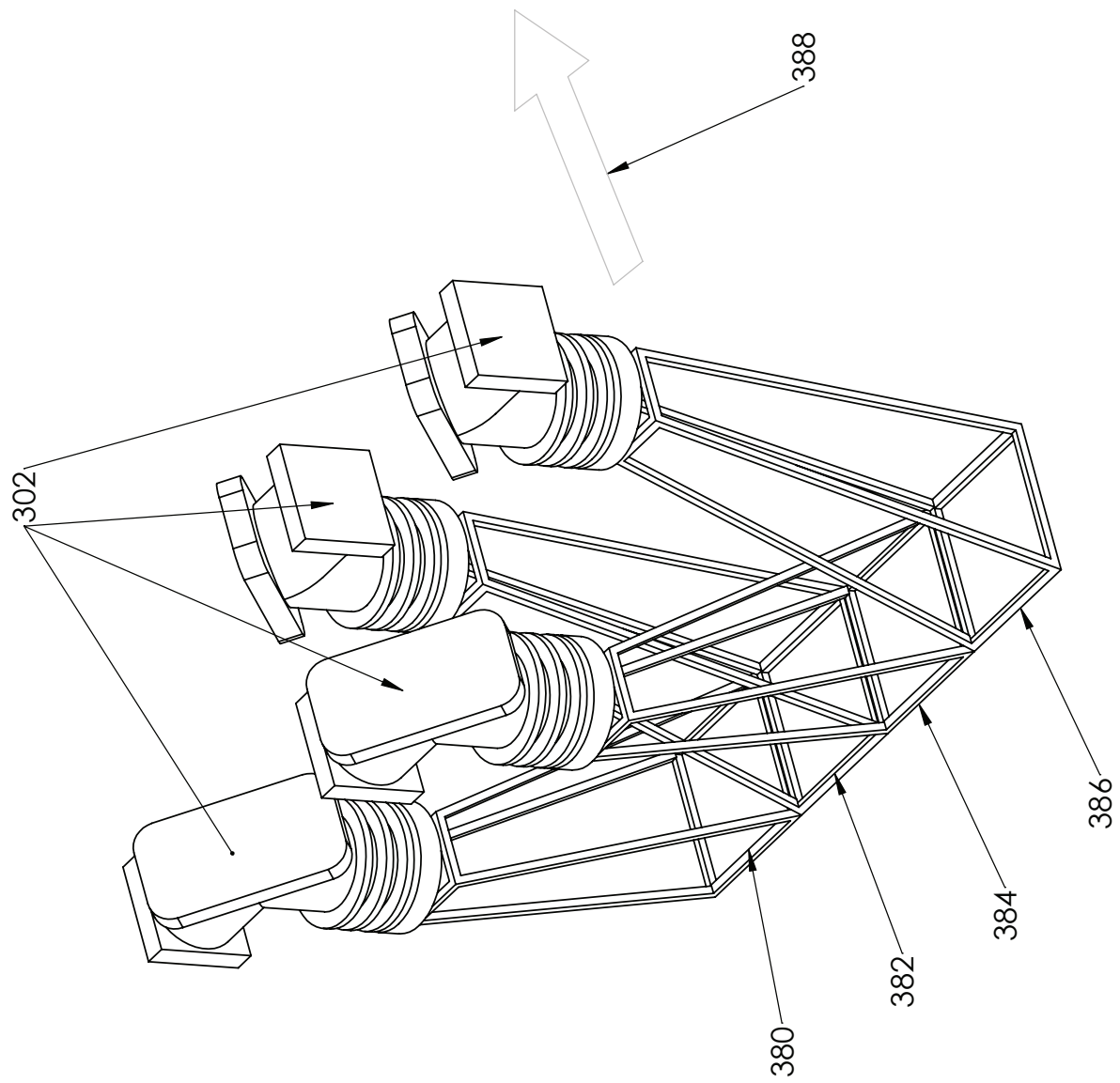


FIG 33

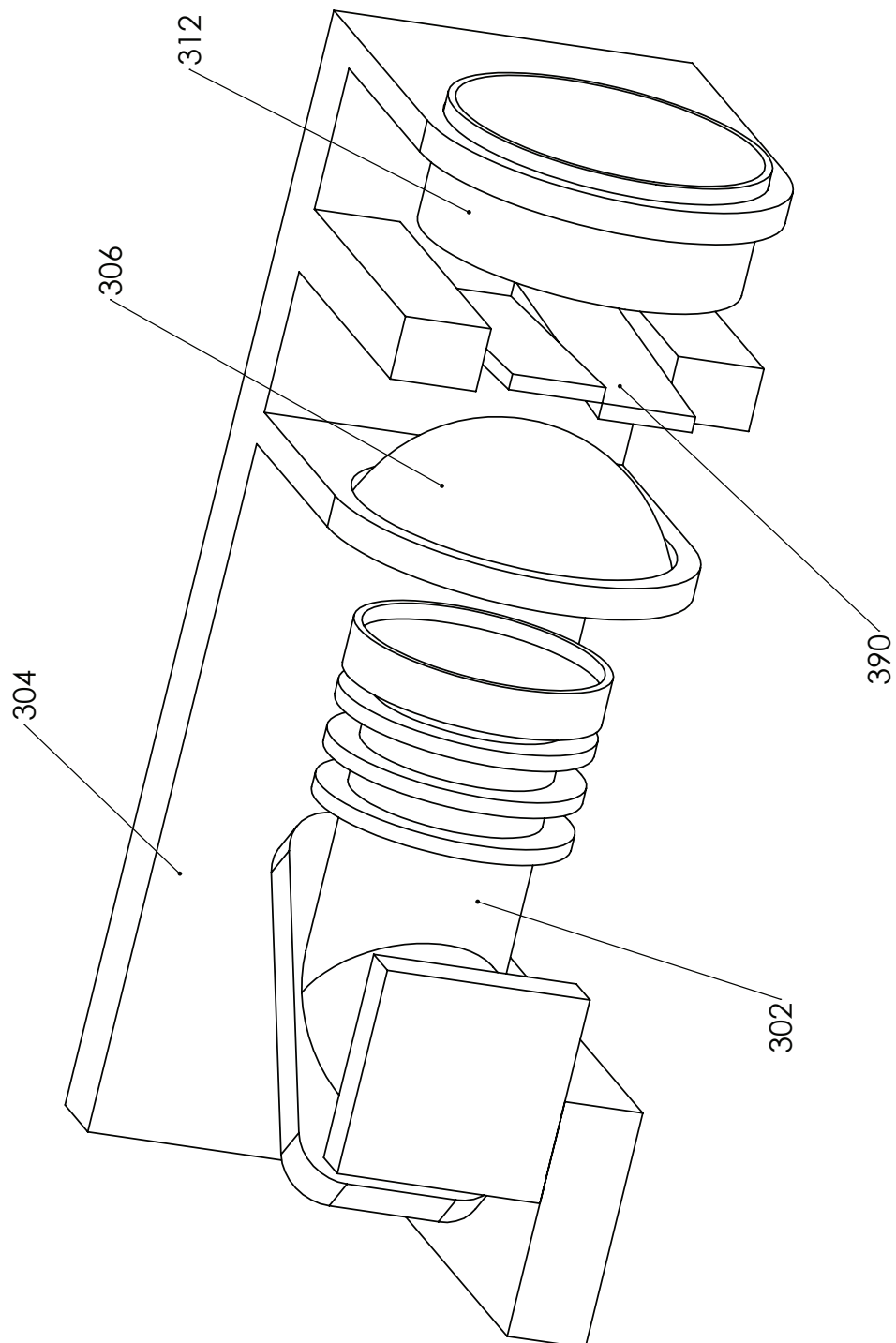


FIG 34

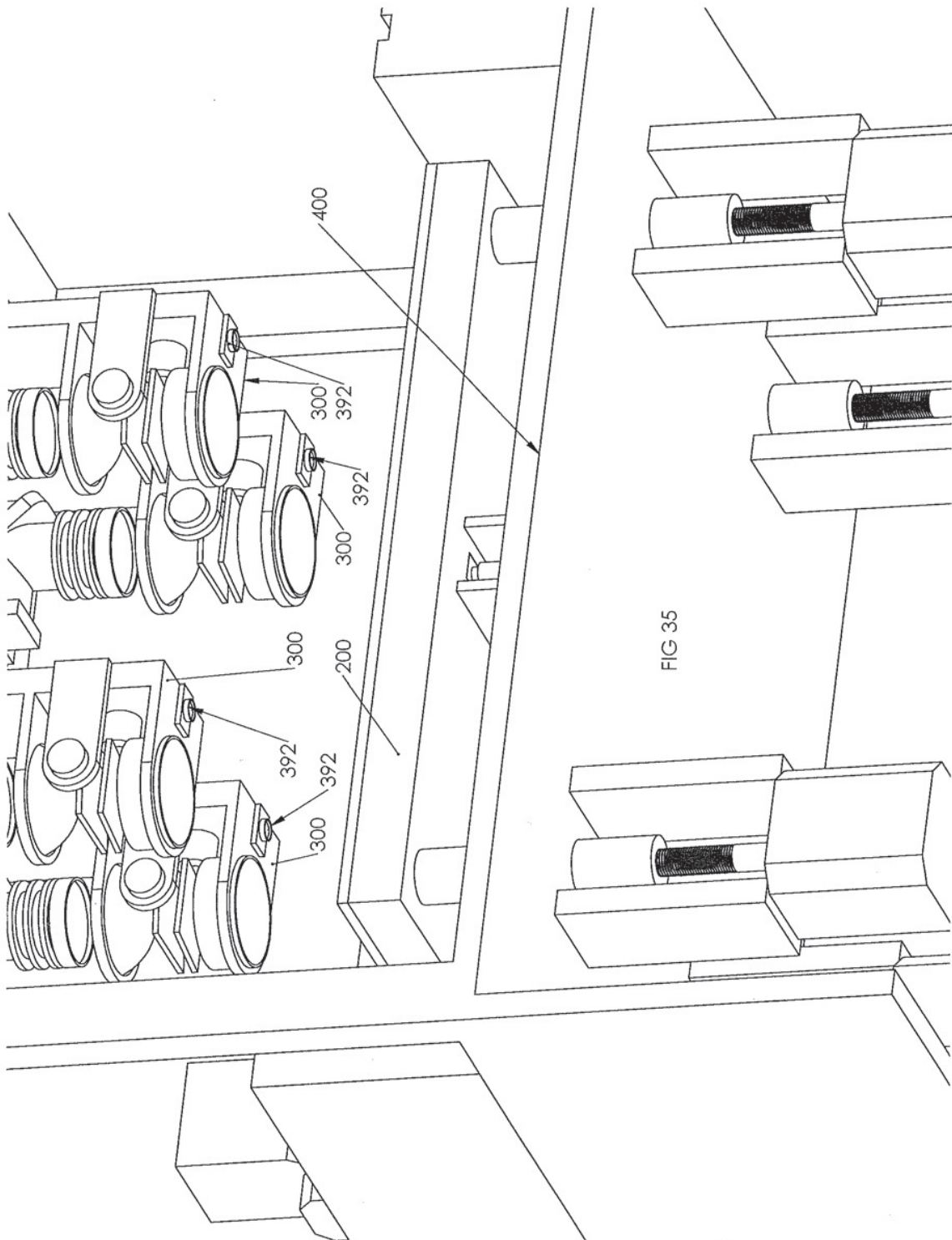


FIG 36

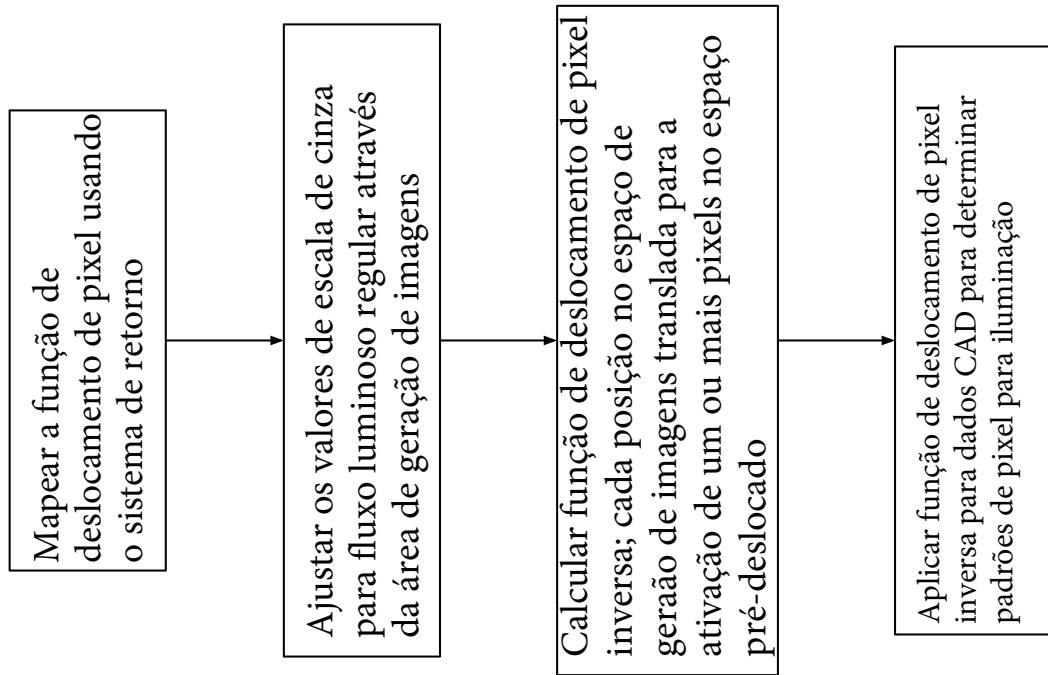


FIG 37

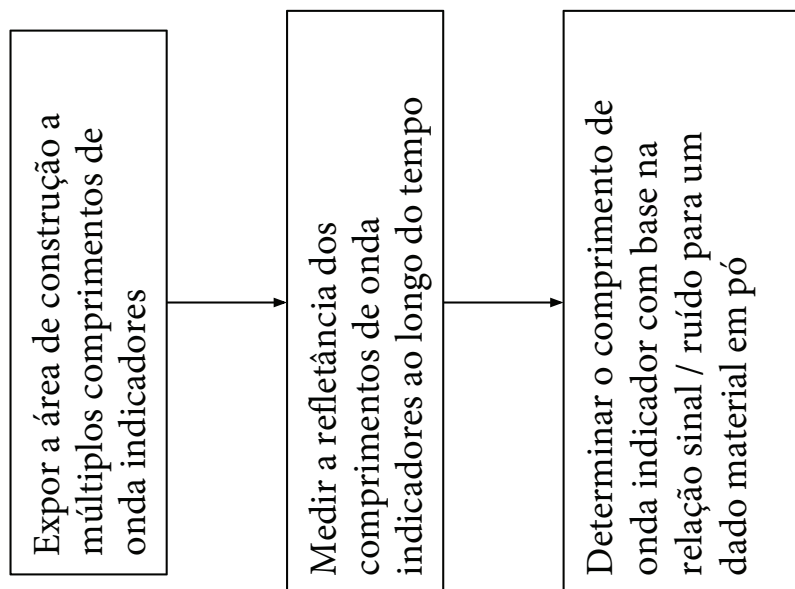
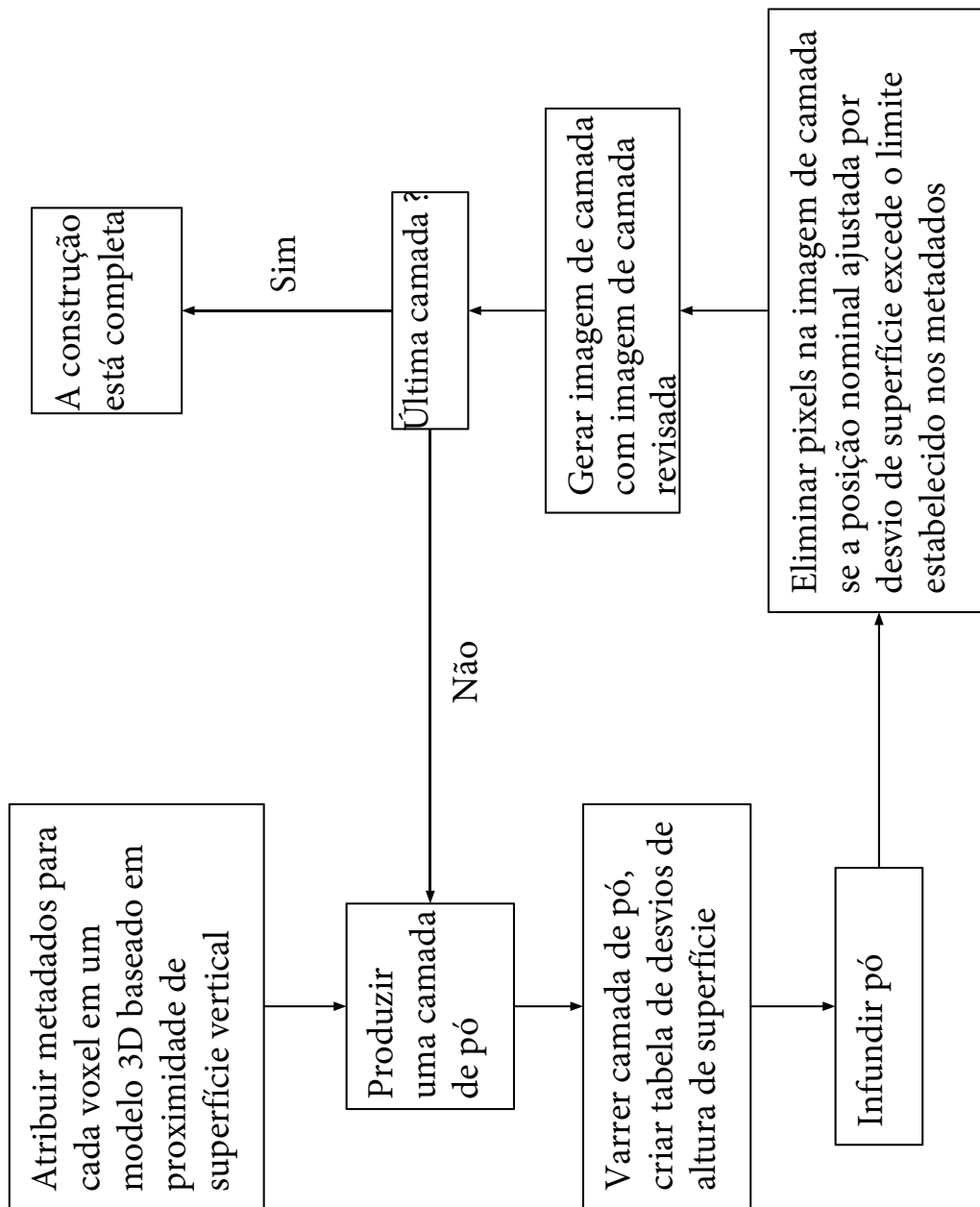


FIG 38



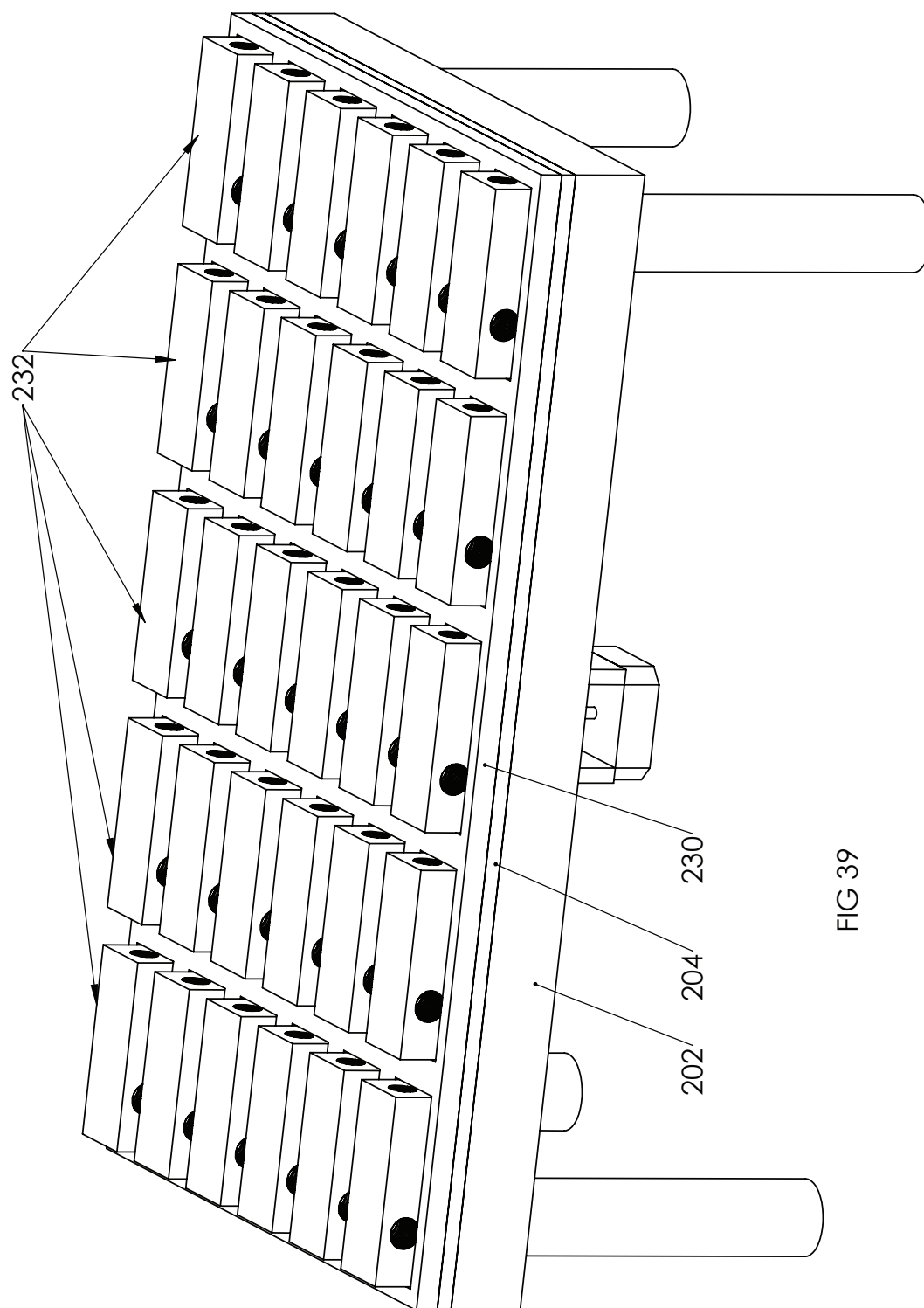


FIG 39

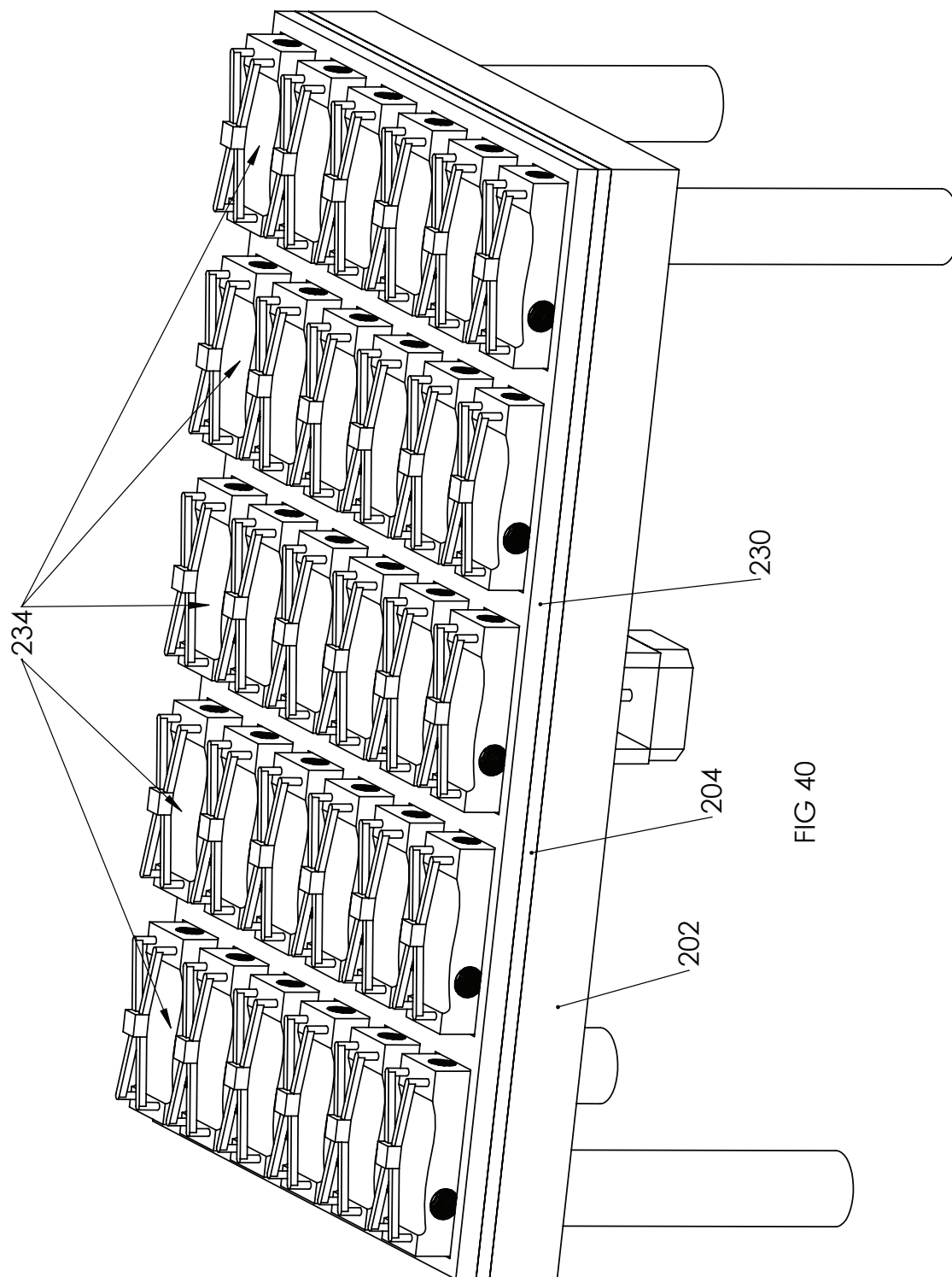


FIG 40

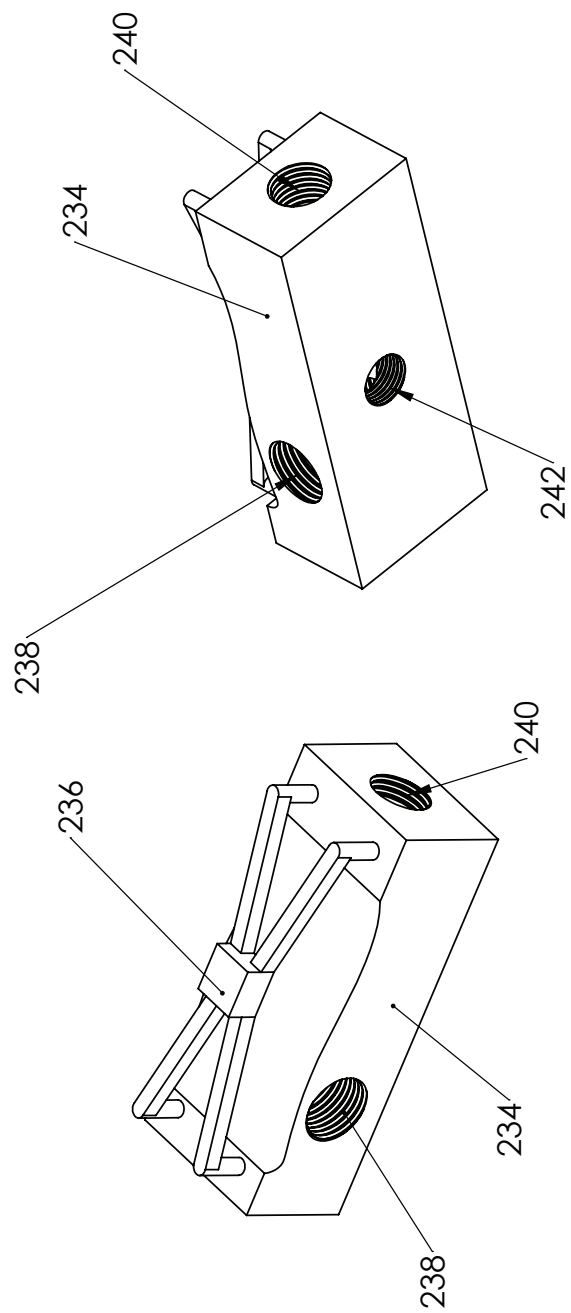
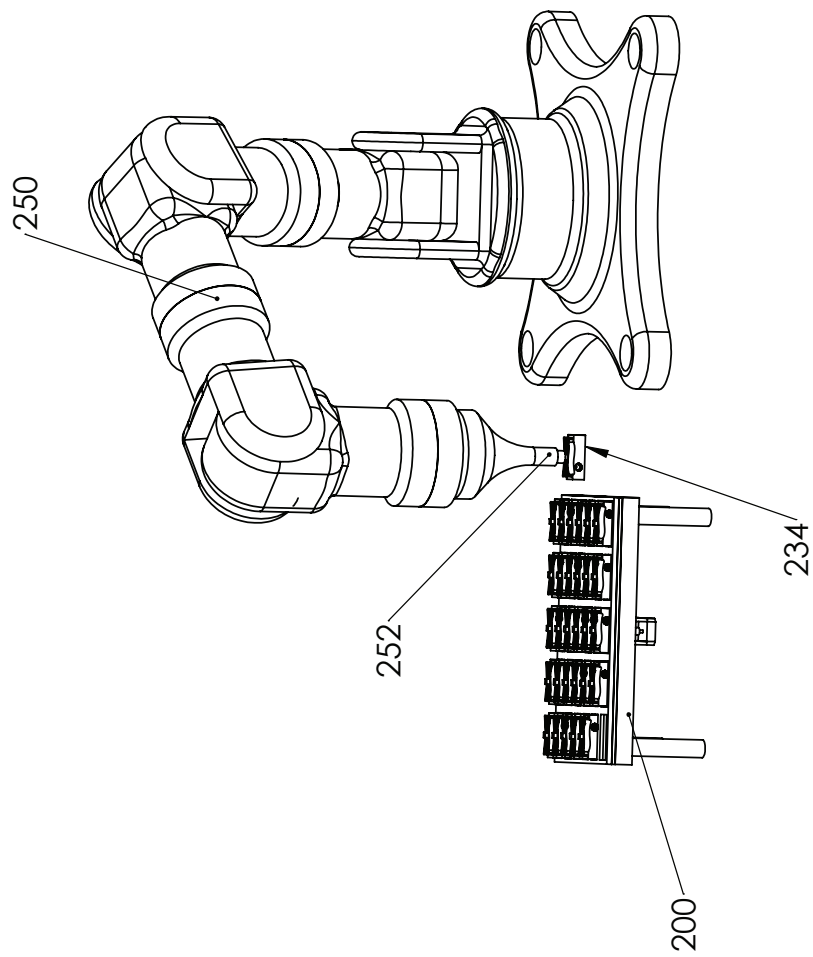


FIG 41B

FIG 41A



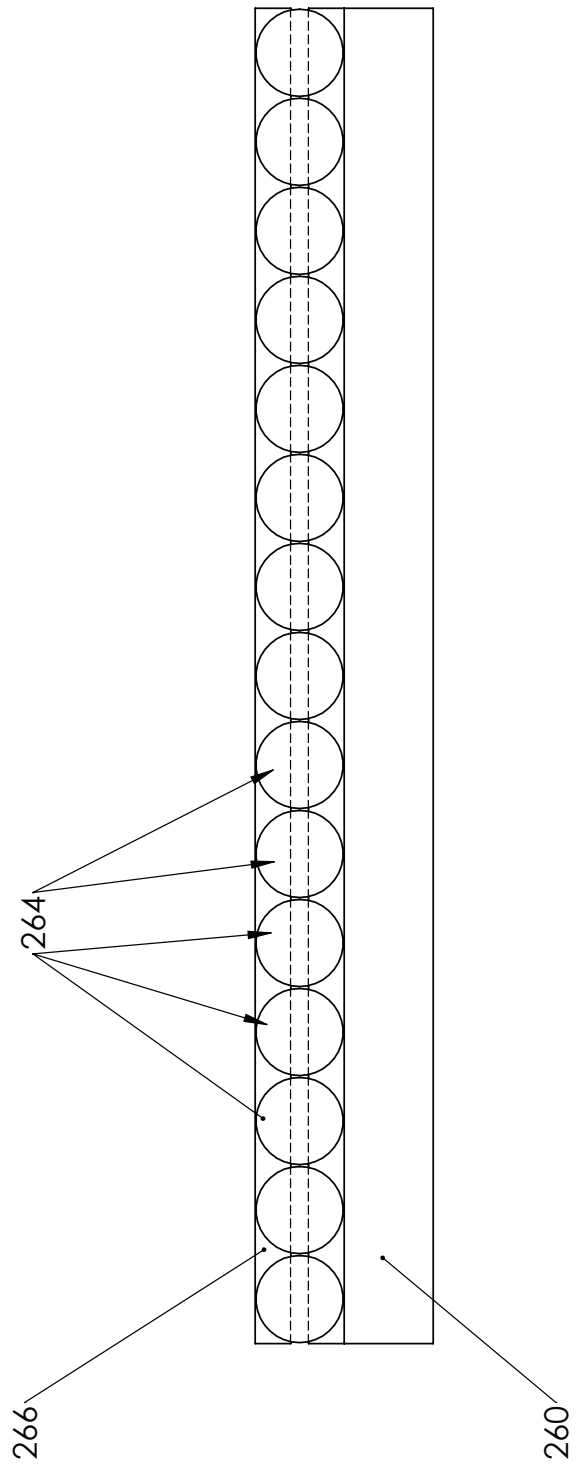


FIG 43

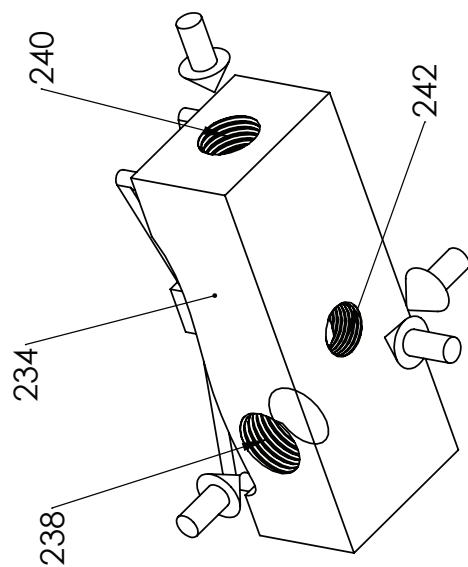


FIG 44B

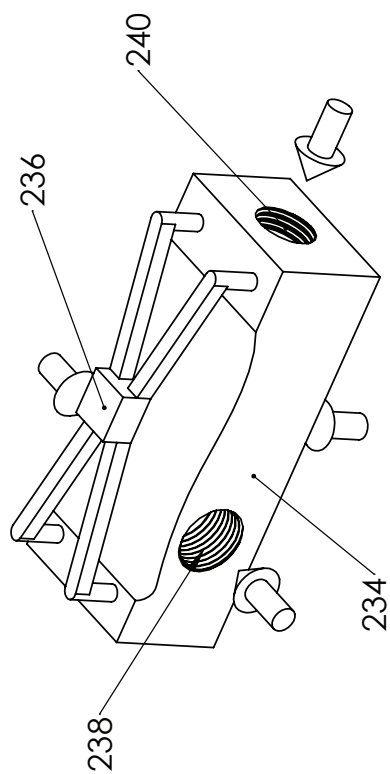
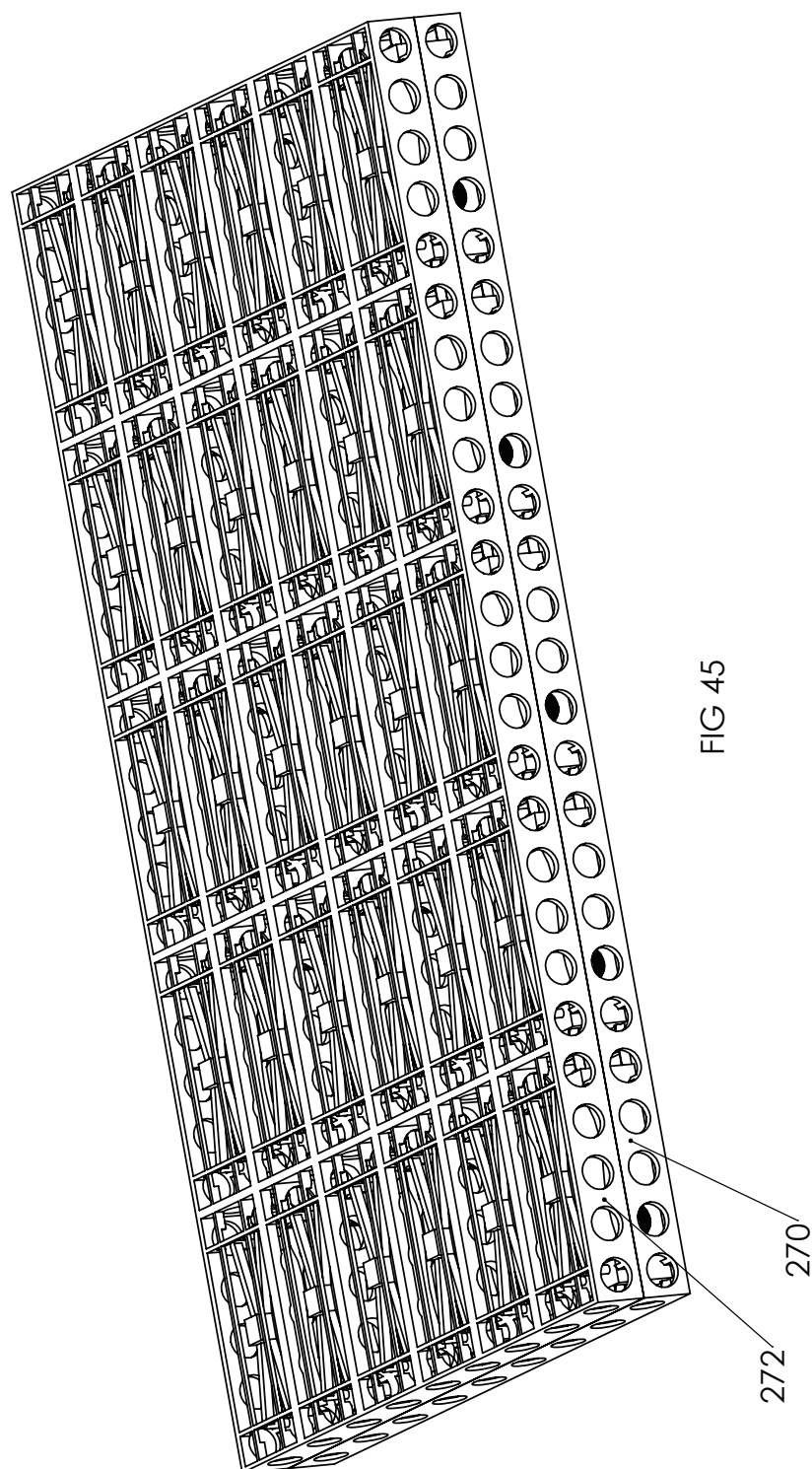


FIG 44A



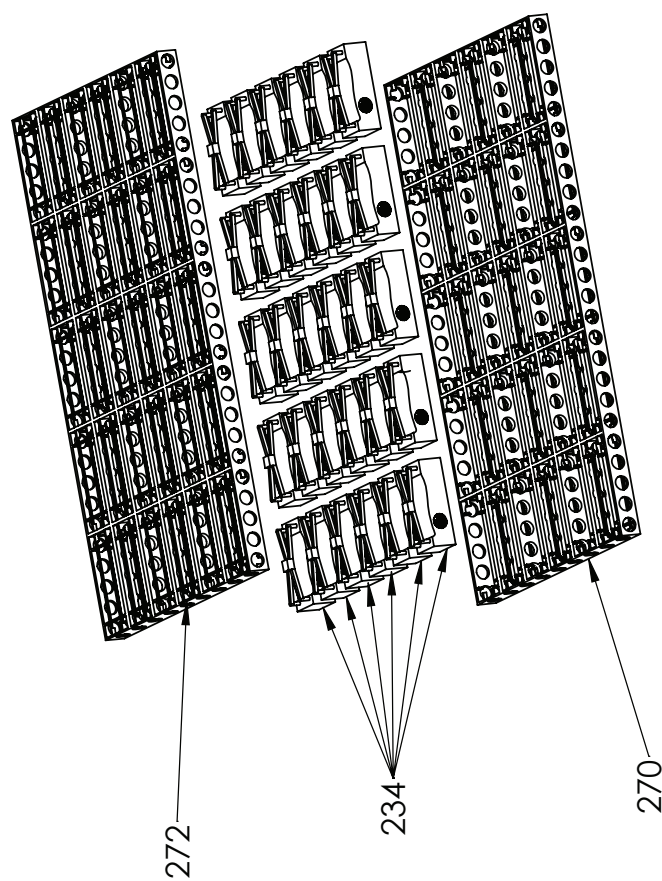


FIG 46

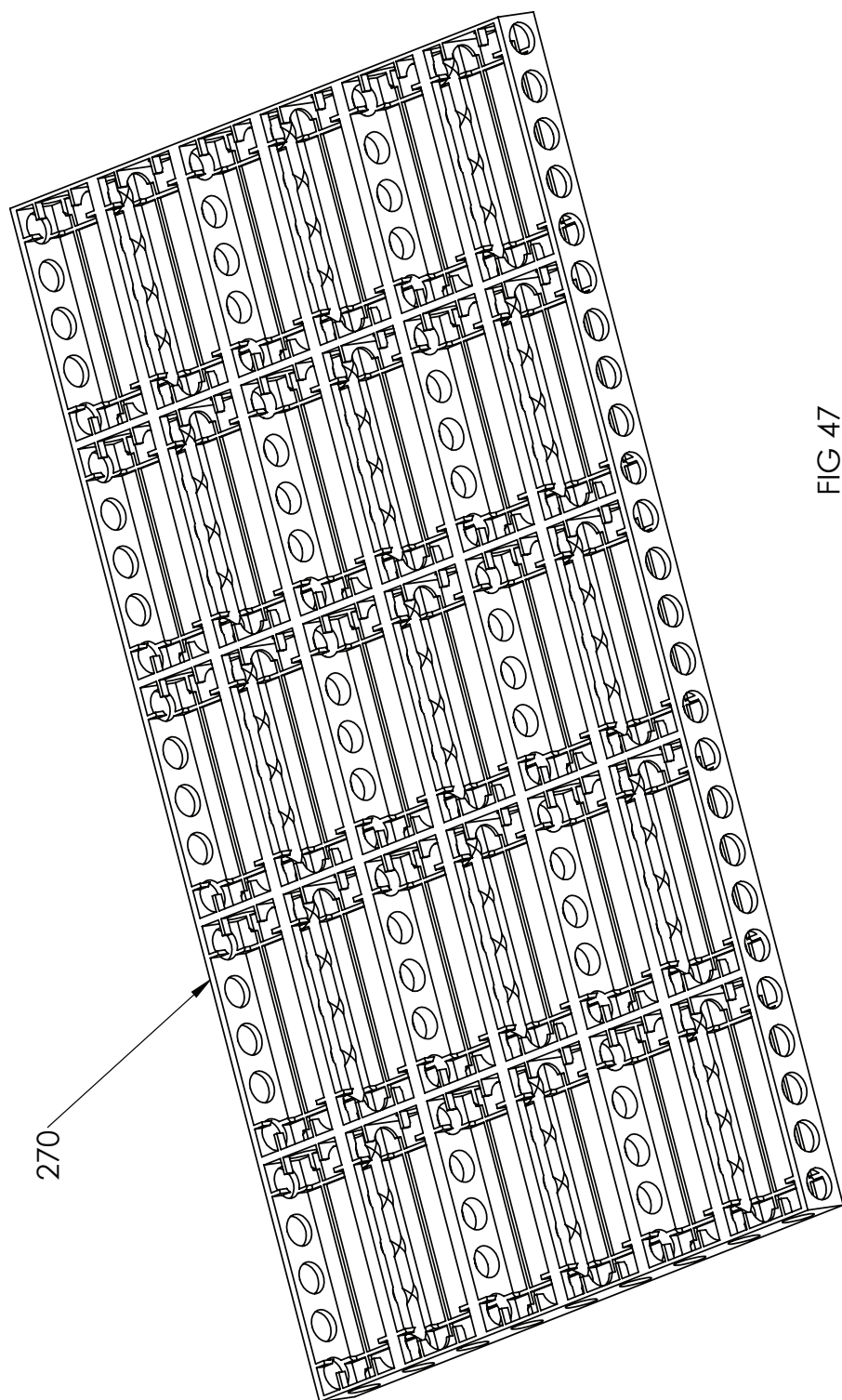


FIG 47

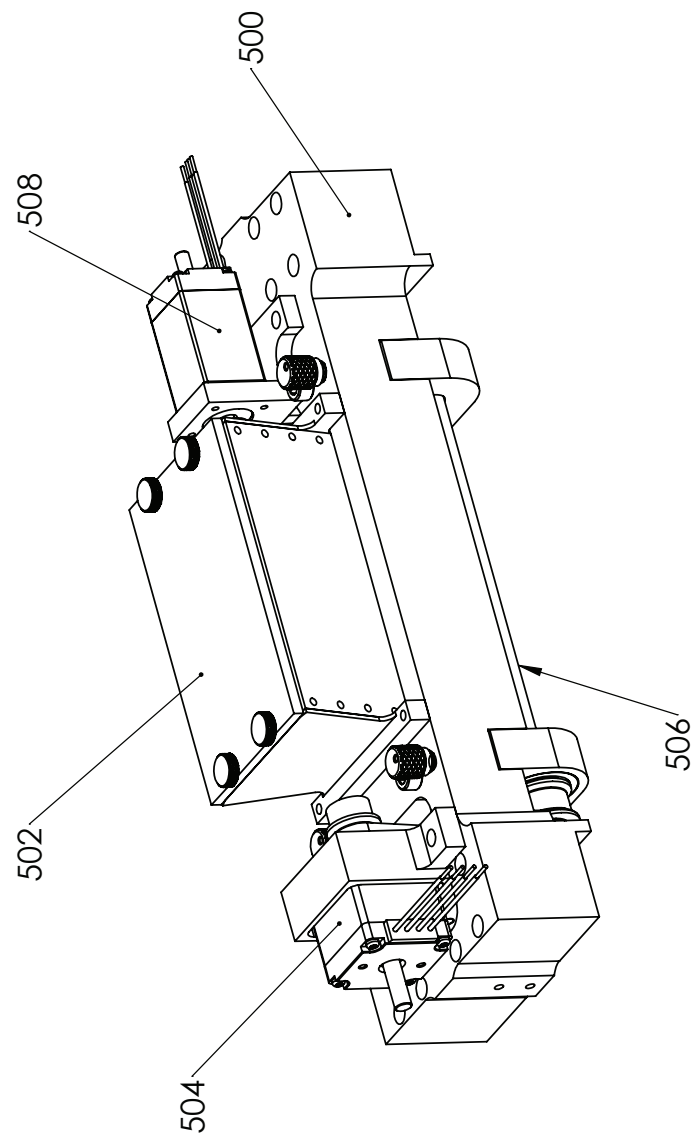


FIG 48

FIG 49

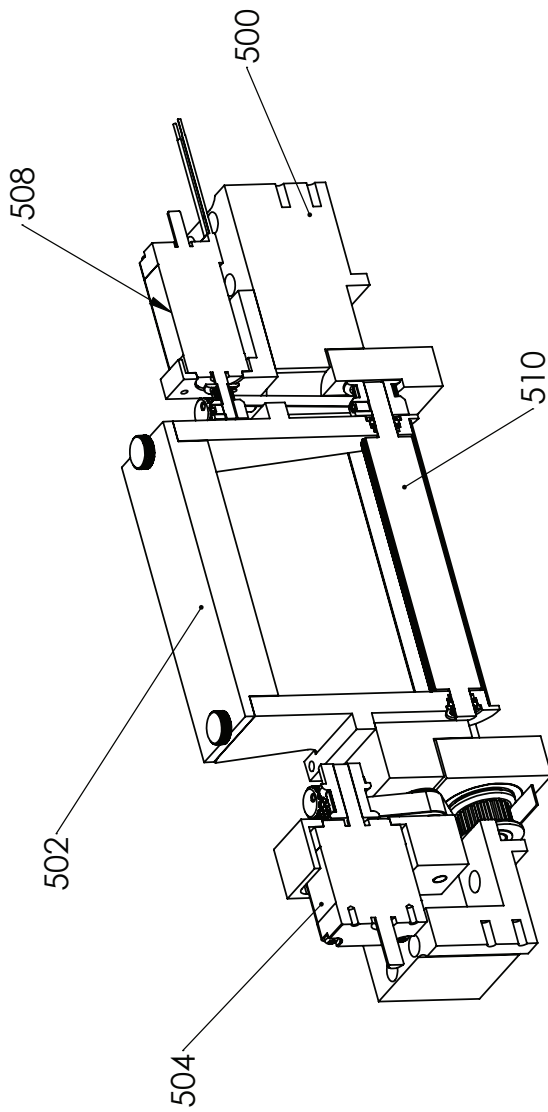
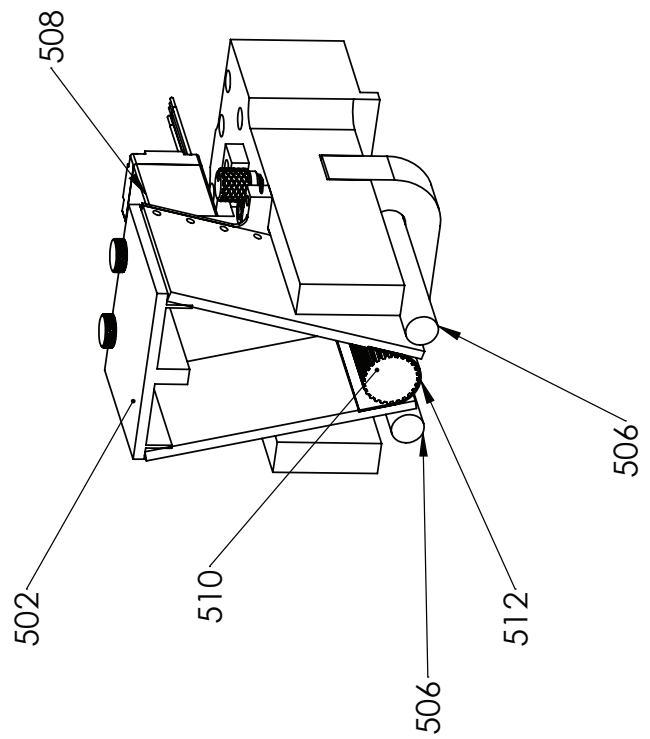


FIG 50



RESUMO

“FABRICAÇÃO DE FORMA LIVRE SÓLIDA UTILIZANDO INFUSÃO IN SITU E GERAÇÃO DE IMAGEM”

A presente invenção refere-se a um dispositivo de fabricação que inclui uma plataforma para receber camadas de material de construção para a produção de uma representação sólida tridimensional de um modelo digital, um componente para depositar camadas de material de construção, e um componente de imagem para ligar as respectivas partes do material de construção em seções transversais representativas de partes dos dados contidos no modelo digital. O primeiro componente de imagem pode ser uma fonte de luz planar programável utilizando mecanismo de deslocamento de pixel de refração especializado ou outro sistema de imagem. A plataforma inclui um sistema de infusão para fornecer resina fotocurável ao componente que está sendo construído. O objeto pode ser um componente compósito em pó usando qualquer um de uma variedade de materiais em pó ou um componente plástico.