



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

(11) BR 112014007324-4 B1



(22) Data do Depósito: 24/08/2012

(45) Data de Concessão: 20/10/2020

(54) Título: APARELHO E MÉTODO DE LIGAÇÃO ELÉTRICA DE TUBULAÇÃO

(51) Int.Cl.: F16L 7/00; F16L 9/18.

(30) Prioridade Unionista: 29/09/2011 US 13/248,756.

(73) Titular(es): THE BOEING COMPANY.

(72) Inventor(es): GREGORY WAUGH; MICHAEL LYLE HOLBROOK; RONALD LAWRENCE CLEMENTS.

(86) Pedido PCT: PCT US2012052211 de 24/08/2012

(87) Publicação PCT: WO 2013/048648 de 04/04/2013

(85) Data do Início da Fase Nacional: 27/03/2014

(57) Resumo: LIGAÇÃO ELETROSTÁTICA DE TUBULAÇÃO COAXIAL. A presente invenção refere-se a um método e aparelho para ligar eletrostaticamente a tubulação coaxial. Um tubo externo (602) compreende um material eletricamente condutor e possui uma superfície interna. Um tubo interno (604) compreende material e possui uma superfície externa. O tubo interno (604) e o tubo externo (602) são posicionados para definir um canal (606). Uma estrutura de formação de ponte (608) compreendendo um material eletricamente condutor é posicionado de modo que a estrutura de formação de ponte forme o contato mecânico e uma conexão eletrostática entre o material eletricamente condutor nos tubos. A estrutura de formação de ponte está em contato mecânico com a superfície interna do tubo externo em uma primeira pluralidade de pontos e em contato mecânico com a superfície externa do tubo interno em uma segunda pluralidade de pontos.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para
**"APARELHO E MÉTODO DE LIGAÇÃO ELÉTRICA DE
TUBULAÇÃO".**

Informação Antecedente

Campo

[001] A presente descrição refere-se geralmente à tubulação coaxial utilizada em veículos, tal como uma aeronave. Mais particularmente, a presente descrição se refere à formação de uma conexão eletrostática entre o tubo externo e o tubo interno da tubulação coaxial sem criar uma inconsistência nas superfícies de tubulação.

Antecedentes

[002] A tubulação é utilizada para transportar vários fluidos através de aeronave e outros veículos. Por exemplo, a tubulação pode ser utilizada em uma aeronave para transportar fluido hidráulico que é utilizado pelos sistemas hidráulicos na aeronave. Como outro exemplo, a tubulação é utilizada em uma aeronave para transportar o combustível entre os tanques de combustível e os motores da aeronave. A tubulação pode ser utilizada para transportar outros fluidos na aeronave e em outros veículos.

[003] É desejável que a tubulação utilizada na aeronave possa ter várias características que aperfeiçoam o desempenho da aeronave e sua segurança. Por exemplo utilização de uma tubulação mais leve em uma aeronave pode aperfeiçoar o desempenho da aeronave pelo aperfeiçoamento da eficiência de combustível. A utilização de tubulação que seja mais resistente às inconsistências indesejáveis pode aperfeiçoar o desempenho da aeronave pela redução da necessidade de trabalhos de manutenção e substituição de tubulação com inconsistências indesejáveis. A utilização de uma tubulação que seja mais resistente a inconsistências indesejáveis também pode fornecer segurança para a aeronave.

[004] A tubulação utilizada na aeronave pode ser feita de materiais que forneçam as características desejáveis de menos peso e resistência aperfeiçoada às inconsistências indesejáveis. Por exemplo, a tubulação feita de titânio fornece essas características desejadas. A tubulação feita de outros materiais ou de vários materiais em combinação também pode fornecer essas características.

[005] É desejável também que a tubulação na aeronave forneça isolamento térmico entre o fluido transportado na tubulação e estruturas adjacentes da aeronave através das quais a tubulação corre. Tal isolamento é desejável para se reduzir a transferência de calor entre o fluido transportado na tubulação e estruturas de aeronave adjacentes podem afetar o fluido, estruturas adjacentes, ou ambos de forma indesejável.

[006] O isolamento térmico entre o fluido transportado na tubulação e estruturas adjacentes da aeronave pode ser fornecido pelo uso de tubulação coaxial. A tubulação coaxial inclui um tubo interno que é cercado por um tubo externo. Um fluido, tal como o fluido hidráulico, combustível e outro fluido, é transportado no tubo interno. O tubo externo é separado do tubo interno para formar um canal entre o tubo interno e o tubo externo. Esse canal forma um espaço entre os tubos que podem ser preenchidos com um material termicamente isolante. Por exemplo, o canal entre os tubos pode ser preenchido com ar, outro gás termicamente isolante, com outro fluido termicamente isolante, ou com outros materiais.

[007] O uso de tubulação coaxial na aeronave também aperfeiçoa a segurança da aeronave. Por exemplo, um vazamento indesejado de fluido do tubo interno do tubo coaxial fluirá ou de outra forma será descarregado para dentro do canal entre o tubo interno e o tubo externo. O vazamento de fluido do tubo interno é contido pelo tubo externo do tubo coaxial no canal entre os tubos. O tubo externo do tubo coaxial,

dessa forma, impede que o vazamento do fluido do tubo interno alcance outros componentes da aeronave, o que, de outra forma, afetaria a operação dos outros componentes da aeronave de formas indesejáveis.

[008] O ar ou outro material termicamente isolante no canal entre os tubos de um tubo coaxial utilizado em uma aeronave também é tipicamente eletricamente isolante. Os tubos do tubo coaxial utilizados na aeronave podem ser feitos de um material eletricamente condutivo, tal como titânio ou outro material eletricamente condutivo. Nesse caso, em alguns ambientes operacionais ou condições, uma carga elétrica ou corrente pode ser formada em um ou ambos os tubos do tubo coaxial. Por exemplo, um relâmpago que atinge a aeronave pode causar tal acúmulo de carga ou corrente no tubo coaxial. Visto que os tubos no tubo coaxial são separados por um canal eletricamente isolante e a carga não pode fluir livremente entre os tubos, esse acúmulo de carga ou corrente pode causar uma descarga elétrica na forma de uma fagulha através do canal entre os tubos. Tal descarga é indesejável. Por exemplo, qualquer vapor de combustível ou outro material combustível no canal entre os tubos do tubo coaxial pode sofrer ignição por uma fagulha através do canal.

[009] Os métodos e sistemas atuais para prevenção de uma descarga elétrica através do canal entre os tubos de um tubo coaxial podem não ser totalmente eficientes em várias condições ou durante períodos de tempo estendidos. Adicionalmente, os métodos e sistemas atuais para prevenção de uma descarga elétrica em um tubo coaxial podem afetar o desempenho do tubo de formas indesejáveis.

[0010] De acordo, seria vantajoso se ter um método e aparelho que levasse em consideração um ou mais dos problemas discutidos acima, além de outros possíveis problemas.

SUMÁRIO

[0011] Uma modalidade vantajosa da presente descrição fornece

um aparelho compreendendo um tubo externo, um tubo interno, e uma estrutura de formação de ponte. O tubo externo compreende um material eletricamente condutivo e possui uma superfície interna. O tubo interno compreende um material eletricamente condutivo e possui uma superfície externa. O tubo interno é posicionado dentro do tubo externo de modo que a superfície externa do tubo interno e a superfície interna do tubo externo definam um canal. A estrutura de formação de ponte compreende um material eletricamente condutivo posicionado no canal de modo que a estrutura de formação de ponte forme contato mecânico e uma conexão eletrostática entre o material eletricamente condutivo na superfície interna do tubo externo e o material eletricamente condutivo na superfície externa do tubo interno. A estrutura de formação de ponte está em contato mecânico com a superfície interna do tubo externo em uma pluralidade de primeiros pontos. A estrutura de formação de ponte está em contato mecânico com a superfície externa do tubo interno em uma pluralidade de segundos pontos.

[0012] Outra modalidade vantajosa da presente descrição fornece um método para a ligação elétrica da tubulação. Uma estrutura de formação de ponte compreendendo um material eletricamente condutivo é localizada em um canal entre um tubo externo e um tubo interno para formar uma conexão eletrostática entre um material eletricamente condutivo em uma superfície interna do tubo externo e um material eletricamente condutivo na superfície externa do tubo interno. A estrutura de formação de ponte é localizada em contato mecânico com a superfície interna do tubo externo em uma pluralidade de primeiros pontos. A estrutura de formação de ponte está em contato mecânico com a superfície externa do tubo interno em uma pluralidade de segundos pontos.

[0013] Outra modalidade vantajosa fornece um aparelho compreendendo um tubo eterno, um tubo interno, uma mola, um

primeiro retentor, e um segundo retentor. O tubo externo compreende um material eletricamente condutivo e possui uma superfície interna. O tubo interno compreende um material eletricamente condutivo e possui uma superfície externa. O tubo interno é posicionado dentro do tubo externo de modo que a superfície externa do tubo interno e a superfície interna do tubo externo definam um canal. A mola compreende um material eletricamente condutivo posicionado no canal de modo que a mola forme uma conexão eletrostática entre o material eletricamente condutivo na superfície interna do tubo externo e o material eletricamente condutivo na superfície externa do tubo interno. A mola está em contato mecânico com a superfície interna do tubo externo em uma pluralidade de primeiros pontos. A mola está em contato mecânico com a superfície externa do tubo interno em uma pluralidade de segundos pontos. O primeiro retentor é posicionado no canal em um lado da mola. O segundo retentor é posicionado no canal em outro lado da mola. A mola é posicionada entre o primeiro retentor e o segundo retentor, e o primeiro retentor e o segundo retentor impedem o movimento da mola no canal.

[0014] De acordo com um aspecto da presente invenção é fornecido um aparelho compreendendo um tubo externo compreendendo um material eletricamente condutivo e possuindo uma superfície interna, um tubo interno compreendendo um material eletricamente condutivo e possuindo uma superfície externa, o tubo interno posicionado dentro do tubo externo de modo que a superfície externa do tubo interno e a superfície interna do tubo externo definam um canal, e uma estrutura de formação de ponte compreendendo um material eletricamente condutivo posicionado no canal de modo que a estrutura de formação de ponte forme o contato mecânico e uma conexão eletrostática entre o material eletricamente condutivo na superfície interna do tubo externo e o material eletricamente condutivo na superfície externa do tubo interno,

onde a estrutura de formação de ponte está em contato mecânico com a superfície interna do tubo externo em uma pluralidade de primeiros pontos e em contato mecânico com a superfície externa do tubo interno em uma pluralidade de segundos pontos. Vantajosamente, a estrutura de formação de ponte é selecionada a partir de um grupo de estruturas compreendendo uma mola, um entrelaçamento, uma espuma e um feixe de fios de filamentos. Preferivelmente, a estrutura de formação de ponte compreende a mola formada por envolvimento do material eletricamente condutivo em torno de um mandril compreendendo uma pluralidade de lados. Vantajosamente, o aparelho pode compreender adicionalmente um primeiro retentor posicionado no canal em um lado da estrutura de formação de ponte, e um segundo retentor posicionado no canal em outro lado da estrutura de formação de ponte, onde a estrutura de formação de ponte é posicionada entre o primeiro retentor e o segundo retentor e o primeiro retentor e o segundo retentor impedem o movimento da estrutura de formação de ponte no canal. Vantajosamente, o primeiro retentor e o segundo retentor são feitos de um material eletricamente isolante. Preferivelmente, o segundo retentor é posicionado em uma extremidade do tubo externo. Vantajosamente, o aparelho é localizado em uma aeronave. Vantajosamente, a estrutura de formação de ponte é feita de um material selecionado a partir de um grupo de materiais consistindo de titânio e aço inoxidável. Vantajosamente, a estrutura de formação de ponte não é fixada à superfície interna do tubo externo e a superfície externa do tubo interno em qualquer ponto.

[0015] De acordo com um aspecto da presente invenção, é fornecido um método para unir eletricamente a tubulação, compreendendo a colocação de uma estrutura de formação de ponte compreendendo um material eletricamente condutivo em um canal entre um tubo externo e um tubo interno para formar uma conexão

eletrostática entre um material eletricamente condutivo em uma superfície interna do tubo externo e um material eletricamente condutivo em uma superfície externa do tubo interno onde a estrutura de formação de ponte é localizada em contato mecânico com a superfície interna do tubo externo em uma pluralidade de primeiros pontos e em contato mecânico com a superfície externa do tubo interno em uma pluralidade de segundos pontos. Vantajosamente, a estrutura de formação de ponte é selecionada a partir de um grupo de estruturas compreendendo uma mola, um entrelaçamento, uma espuma, e um feixe de fios de filamentos. Preferivelmente, a estrutura de formação de ponte compreende a mola formada pelo envolvimento do material eletricamente condutivo em torno de um mandril compreendendo uma pluralidade de lados. Vantajosamente, o método compreende adicionalmente a colocação de um primeiro retentor no canal em um lado da estrutura de formação de ponte, e colocação de um segundo retentor no canal em outro lado da estrutura de formação de ponte, a estrutura de formação de ponte sendo posicionada entre o primeiro retentor e o segundo retentor e o primeiro retentor e o segundo retentor impedindo o movimento da estrutura de formação de ponte no canal. Preferivelmente, a colocação do segundo retentor em uma extremidade do tubo externo. Vantajosamente, a estrutura de formação de ponte é feita a partir de um material selecionado a partir de um grupo de materiais consistindo de titânio e aço inoxidável. Vantajosamente, a estrutura de formação de ponte não é fixada à superfície interna do tubo eterno e a superfície externa do tubo interno em qualquer ponto.

[0016] De acordo com um aspecto da presente invenção, é fornecido um aparelho compreendendo um tubo externo compreendendo um material eletricamente condutivo e possuindo uma superfície interna, um tubo interno compreendendo um material eletricamente condutivo e possuindo uma superfície externa, o tubo

interno posicionado dentro do tubo externo de modo que a superfície externa do tubo interno e a superfície interna do tubo externo definam um canal, uma mola compreendendo um material eletricamente condutivo posicionado no canal de modo que a mola forme uma conexão eletrostática entre o material eletricamente condutivo na superfície interna do tubo externo e o material eletricamente condutivo na superfície externa do tubo interno, onde a mola está em contato mecânico com a superfície interna do tubo externo em uma pluralidade de primeiros pontos e em contato mecânico com a superfície externa do tubo interno em uma pluralidade de segundos pontos, um primeiro retentor posicionado no canal em um lado da mola, e um segundo retentor posicionado no canal em outro lado da mola, onde a mola é posicionada entre o primeiro retentor e o segundo retentor e o primeiro retentor e o segundo retentor impedindo o movimento da mola no canal. Vantajosamente, a mola é formada pelo envolvimento do material eletricamente condutivo em torno de um mandril compreendendo uma pluralidade de lados. Vantajosamente, o aparelho é localizado em uma aeronave.

[0017] As características, funções e vantagens podem ser alcançadas independentemente em várias modalidades da presente descrição ou podem ser combinadas em outras modalidades nas quais detalhes adicionais podem ser observados com referência à descrição e desenhos em anexo.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0018] As características de novidade consideradas características das modalidades vantajosas são apresentadas nas reivindicações em anexo. As modalidades vantajosas, no entanto, além de um modo preferido de uso, objetivos adicionais e vantagens das mesmas serão mais bem compreendidos por referência à seguinte descrição detalhada de uma modalidade vantajosa da presente descrição quando lida em

conjunto com os desenhos em anexo, nos quais:

[0019] A Figura 1 é uma ilustração de uma aeronave de acordo com uma modalidade vantajosa;

[0020] A Figura 2 é uma ilustração de uma parte de uma estrutura interna de uma aeronave de acordo com uma modalidade vantajosa;

[0021] A Figura 3 é uma ilustração da ligação eletrostática da tubulação coaxial de acordo com uma modalidade vantajosa;

[0022] A Figura 4 é uma ilustração da ligação eletrostática de tubulação coaxial de acordo com uma modalidade vantajosa;

[0023] A Figura 5 é uma ilustração de um diagrama em bloco de um conjunto de tubo de acordo com uma modalidade vantajosa;

[0024] A Figura 6 é uma ilustração da ligação eletrostática da tubulação coaxial utilizando uma estrutura de formação de ponte elástica de acordo com uma modalidade vantajosa;

[0025] A Figura 7 é uma ilustração da ligação eletrostática da tubulação coaxial utilizando uma estrutura de formação de ponte elástica de acordo com uma modalidade vantajosa;

[0026] A Figura 8 é uma ilustração de uma vista em perspectiva da ligação eletrostática da tubulação coaxial utilizando uma estrutura de formação de ponte elástica de acordo com uma modalidade vantajosa;

[0027] A Figura 9 é uma ilustração de formação de uma estrutura de formação de ponte elástica para a ligação eletrostática da tubulação coaxial de acordo com uma modalidade vantajosa;

[0028] A Figura 10 é uma ilustração de uma vista em perspectiva da ligação eletrostática da tubulação coaxial utilizando outra estrutura de formação de ponte de acordo com uma modalidade vantajosa;

[0029] A Figura 11 é uma ilustração de um fluxograma de um processo para a ligação eletrostática da tubulação coaxial de acordo com uma modalidade vantajosa;

[0030] A Figura 12 é uma ilustração de um diagrama em bloco de

uma fabricação de veículo aeroespacial e método de serviço de acordo com uma modalidade vantajosa.

[0031] A Figura 13 é uma ilustração de um diagrama em bloco de um veículo aeroespacial em que uma modalidade vantajosa pode ser implementada.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0032] As diferentes modalidades vantajosas reconhecem e levam em consideração um número de diferentes considerações. "Um número", como utilizado aqui com referência aos itens, significa um ou mais itens. Por exemplo, "um número de considerações diferentes" significa uma ou mais considerações diferentes.

[0033] As modalidades vantajosas diferentes reconhecem e levam em consideração que em algumas aplicações nas quais o uso de um tubo coaxial é desejável, é desejável se fornecer uma conexão eletrostática entre os tubos interno e externo do tubo coaxial. Por exemplo, é desejável se fornecer uma ligação eletrostática entre os tubos interno e externo de um tubo coaxial em uma aeronave para suportar a operação segura da aeronave em várias condições operacionais eletromagnéticas e ambientes.

[0034] As modalidades vantajosas diferentes reconhecem e levam em consideração que uma conexão eletrostática entre os tubos de um tubo coaxial podem ser feitas utilizando-se disjuntores de ligação. Por exemplo, fios podem ser presos entre os tubos interno e externo de um tubo coaxial utilizando hardware de prendedores e fixadores mecânicos. No entanto, o uso de fixadores ou prendedores mecânicos pode resultar em inconsistências indetectáveis que podem fornecer fontes de faúlhas eletrostáticas e ignição de materiais combustíveis no canal entre os tubos.

[0035] As diferentes modalidades vantajosas também reconhecem e levam em consideração que uma conexão eletrostática entre os tubos

de um tubo coaxial pode ser feita por solda. No entanto, as temperaturas exigidas para se fundir o material de solda são tais que causa o recozimento do material de titânio do qual os tubos podem ser feitos. Portanto, a solda forte pode causar inconsistências nos tubos do tubo coaxial. Tais inconsistências podem afetar o desempenho e a vida útil dos tubos de formas indesejáveis.

[0036] As diferentes modalidades vantajosas também reconhecem e levam em consideração que uma conexão eletrostática entre os tubos de um tubo coaxial podem ser criadas por solda. No entanto a operação de solda pode imprimir inconsistências aos tubos. Tais inconsistências podem afetar o desempenho e a vida útil do tubo coaxial de formas indesejáveis.

[0037] As diferentes modalidades vantajosas também reconhecem e levam em consideração que uma conexão eletrostática entre os tubos de um tubo coaxial podem ser feitas por roller swaging. No entanto, essa possível solução exige o desenvolvimento de novas ferramentas e processos. Adicionalmente, esse processo possui alguns problemas conhecidos que podem limitar a vida útil e as capacidades funcionais dos tubos coaxiais.

[0038] Portanto, uma ou mais das modalidades vantajosas fornecem um método e um aparelho para a ligação eletrostática de tubos coaxiais sem afetar o desempenho ou vida útil dos tubos de forma indesejada. De acordo com uma modalidade vantajosa, uma estrutura de formação de ponte de material eletricamente condutivo é colocada no canal entre os tubos interno e externo de um tubo coaxial para formar uma conexão eletrostática entre os tubos. O material de formação de ponte mantém o contato com ambos o tubo interno e o tubo externo em uma pluralidade de pontos. A estrutura de formação de ponte pode formar e manter uma conexão eletrostática entre o tubo interno e o tubo externo sem criar qualquer inconsistência indesejada nos tubos.

[0039] Voltando-se agora para a Figura 1, uma ilustração de uma aeronave é apresentada de acordo com uma modalidade vantajosa. A aeronave 100 é um exemplo de um veículo no qual um método e aparelho para ligação eletrostática de acordo com uma modalidade vantajosa pode ser implementado. Nessa modalidade vantajosa, a aeronave 100 possui asas 102 e 104 fixadas ao corpo 106. A aeronave 100 inclui o motor montado na asa 108, o motor montado na asa 110 e a cauda 112.

[0040] A aeronave 100 também inclui estruturas internas 114. Por exemplo, as estruturas internas 114 podem fornecer suporte estrutural para as asas 102 e 104 e motores montados na asa 108 e 110. As estruturas internas 114 também podem formar tanques de combustível ou outras estruturas para a aeronave 100.

[0041] Com referência agora à Figura 2, uma ilustração de uma parte de uma estrutura interna de uma aeronave é apresentada de acordo com uma modalidade vantajosa. Nesse exemplo, uma parte da estrutura interna da asa 200 é apresentada de acordo com uma modalidade vantajosa. A asa 200 é um exemplo da asa 104 na Figura 1.

[0042] O tubo coaxial 202 pode ser utilizado para transportar fluido através da estrutura interna da asa 200 ou através da estrutura interna de outra parte de uma aeronave. Por exemplo, sem limitação, o tubo coaxial 202 pode ser utilizado para transportar fluido hidráulico, combustível ou outro fluido através da asas 200.

[0043] O tubo coaxial 202 inclui o tubo externo 204 e o tubo interno 206. O tubo interno 206 transporta o fluido hidráulico, ou outro fluido através da asa 200. O tubo interno 206 é localizado dentro do tubo externo 204. O tubo interno 206 é separado do tubo externo 204 para formar o canal 208 entre o tubo interno 206 e o tubo externo 204. O canal 208 fornece isolamento térmico entre o tubo interno 206 e o tubo

externo 204. Por exemplo, o canal 208 pode conter um gás termicamente isolante ou outro material, tal como ar ou outro material termicamente isolante. O canal 208 também fornece separação elétrica entre o tubo interno 206 e o tubo externo 204.

[0044] O tubo externo 204 pode cercar o tubo interno 206 ao longo de todo o comprimento do tubo interno 206. Alternativamente, como ilustrado, o tubo externo 204 pode cercar uma parte do tubo interno 206. Por exemplo, sem limitação, o tubo externo 204 pode cercar uma parte do tubo interno 206 onde o tubo interno 206 passa através de ou perto da estrutura 210 na asa 200. Por exemplo, sem limitação, a estrutura 210 pode ser um tanque de combustível ou outra estrutura na asa 200.

[0045] Em qualquer caso, onde o tubo externo 204 cerca uma parte do tubo interno 206, o tubo externo 204 pode ter as extremidades 212 e 214. Nesse caso, o tubo interno 206 se estende a partir do tubo externo 204 além das extremidades 212 e 214 do tubo externo 204.

[0046] Voltando-se agora à Figura 3, uma ilustração da ligação eletrostática da tubulação coaxial é apresentada de acordo com uma modalidade vantajosa. Nesse exemplo, o tubo coaxial 300 é um exemplo de uma implementação do tubo coaxial 202 na Figura 2.

[0047] O tubo coaxial 300 inclui um tubo externo 302 e um tubo interno 304. O tubo interno 304 é posicionado dentro do tubo externo 302. O tubo interno 304 é separado do tubo externo 302 para formar o canal 306 entre o tubo interno 304 e o tubo externo 302.

[0048] De acordo com uma modalidade vantajosa, a estrutura de formação de ponte 308 é posicionada no canal 306 de modo que a estrutura de formação de ponte 308 forme uma conexão eletrostática entre o tubo externo 302 e o tubo interno 304. A estrutura de formação de ponte 308 é feita de um material eletricamente condutivo e pode ter uma variedade de formas.

[0049] A estrutura de formação de ponte 308 está em contato

mecânico com o tubo externo 302 em uma pluralidade de pontos e está em contato mecânico com o tubo interno 304 em uma pluralidade de pontos. A estrutura de formação de ponte 308 pode ou não ser fixada ao tubo externo 302 ou ao tubo interno 304 em qualquer ponto. O tamanho e o formato da estrutura de formação de ponte 308 podem ser selecionados de modo que a estrutura de formação de ponte 308 mantenha o contato mecânico com o tubo externo 302 e o tubo interno 304 sem exigir que a estrutura de formação de ponte 308 seja fixada ao tubo externo 302 ou ao tubo interno 304. O tamanho e formato da estrutura de formação de ponte 308 também podem ser selecionados de modo que a estrutura de formação de ponte 308 possa ser posicionada e retida no tubo coaxial 300 sem causar inconsistências no tubo externo 302 e tubo interno 304 durante a colocação da estrutura de formação de ponte 308 no tubo coaxial 300 ou durante o tempo em que a estrutura de formação de ponte 308 é mantida no tubo coaxial 300.

[0050] O primeiro retentor 310 pode ser posicionado no canal 306 em um lado da estrutura de formação de ponte 308. O segundo retentor 312 pode ser posicionado no canal 306 em outro lado da estrutura de formação de ponte 308. Portanto, a estrutura de formação de ponte 308 é posicionada entre o primeiro retentor 310 e o segundo retentor 312 no canal 306. O primeiro retentor 310 e o segundo retentor 312 são configurados para impedir o movimento da estrutura de formação de ponte 308 no canal 306. Preferivelmente, o primeiro retentor 310 e o segundo retentor 312 podem ser mantidos em posição no canal 306 de qualquer forma adequada que não cause inconsistências no tubo externo 302 ou tubo interno 304. Por exemplo, sem limitação, o primeiro retentor 310 e o segundo retentor 312 podem ser mantidos na posição no canal 306 por um encaixe de interferência mecânica entre cada um dos primeiro retentor 310 e segundo retentor 312 e o tubo externo 302

e o tubo interno 304. Alternativamente, o primeiro retentor 310 e o segundo retentor 312 podem ser mantidos em posição no canal 306 utilizando um adesivo adequado.

[0051] De acordo com um exemplo vantajoso, o primeiro retentor 310, a estrutura de formação de ponte 308, e o segundo retentor 312 podem ser posicionados em ou perto da extremidade 314 do tubo externo 302. Em particular, o segundo retentor 312 pode ser posicionado na extremidade 314 do tubo externo 302. O tubo interno 304 se estende a partir da extremidade 314 do tubo externo 302.

[0052] Uma vedação pode ser colocada na extremidade 314 do tubo externo 302 adjacente ao segundo retentor 312. Tal vedação pode ser utilizada para impedir que qualquer gás, líquido ou outro material no canal 306 vaze para fora da extremidade 314 do tubo externo 302. A vedação pode ser formada a partir de qualquer material ou combinação de materiais que seja formada para bloquear completamente o canal 306 em ou perto da extremidade 314 do tubo externo 302. Material ou materiais adequados para a vedação podem ser selecionados com base no gás, líquido ou outro material no canal 306 que deva ser contido pela vedação. Alternativamente ou adicionalmente, o segundo retentor 312, o primeiro retentor 310 ou ambos podem ser configurados para fornecer tal vedação. Nesse caso, o segundo retentor 312, o primeiro retentor 310 ou ambos podem ser feitos de material adequado e formados para bloquear completamente o canal 306 entre o tubo externo 302 e o tubo interno 304.

[0053] Voltando-se agora para a Figura 4, a ilustração da ligação eletrostática da tubulação coaxial na Figura 3 é apresentada como tirada ao longo da linha 4-4 da Figura 3. De acordo com uma modalidade vantajosa, como ilustrado, a estrutura de formação de ponte 308 se estende preferivelmente totalmente em torno do canal 306 formado entre a superfície interna 400 do tubo externo 302 e a superfície externa

402 do tubo interno 304. Em uma modalidade alternativa, a estrutura de formação de ponte 308 pode se estender parcialmente em torno do canal 306.

[0054] Voltando-se agora para a Figura 5, uma ilustração de um diagrama em bloco de um conjunto de tubo é apresentada de acordo com uma modalidade vantajosa. O tubo coaxial 300 na Figura 3 e na Figura 4 é um exemplo de uma implementação do conjunto de tubo 500 da Figura 5.

[0055] O conjunto de tubo 500 é um conjunto de tubo unido eletrostaticamente. O conjunto de tubo 500 pode ser instalado na plataforma 502 para transportar qualquer fluido desejado na plataforma 502. Por exemplo, sem limitação, a plataforma 502 pode ser o veículo 504, tal como a aeronave 506. Alternativamente, o veículo 504 pode ser qualquer outro veículo aeroespacial que seja capaz de percorrer pelo ar, através do espaço ou ambos. Como outro exemplo, o veículo 504 pode ser um veículo que percorre a terra ou sobre ou sob a água.

[0056] O conjunto de tubo 500 inclui o tubo externo 508 e o tubo interno 510. O tubo interno 510 é posicionado dentro do tubo externo 508. O tubo interno 510 e o tubo externo 508 pode ser os tubos coaxiais 512. Em um caso no qual o tubo interno 510 e o tubo externo 508 são tubos coaxiais 512, um eixo geométrico do tubo interno 510 é alinhado com um eixo geométrico do tubo externo 508. Alternativamente, o eixo geométrico do tubo interno 510 pode não ser alinhado com o eixo geométrico do tubo externo 508.

[0057] O tubo externo 508 pode ser feito de material eletricamente condutivo 514. Por exemplo, sem limitação, o tubo externo 508 pode ser feito de titânio, outro material eletricamente condutivo, ou de uma combinação de materiais eletricamente condutores.

[0058] O tubo externo 508 pode ser cilíndrico 516. Nesse caso, a seção transversal do tubo externo 508 perpendicular ao eixo geométrico

do tubo externo 508 é circular. Alternativamente, a seção transversal do tubo externo 508 perpendicular ao eixo geométrico do tubo externo 508 pode ser um formato além de circular. Adicionalmente, o formato, tamanho ou ambos o formato e o tamanho da seção transversal do tubo externo 508 perpendicular ao eixo geométrico do tubo externo 508 pode ser igual ao longo do comprimento do tubo externo 508 ou pode ser diferente em vários pontos ao longo do comprimento do tubo externo 508.

[0059] O tubo interno 510 pode ser feito de material eletricamente condutivo 518. Por exemplo, sem limitação, o tubo interno 510 pode ser feito de titânio, outro material eletricamente condutivo, ou de uma combinação de materiais eletricamente condutores.

[0060] O tubo interno 510 pode ser cilíndrico 520. Nesse caso, a seção transversal do tubo interno 510 perpendicular ao eixo geométrico do tubo interno 510 é circular. Alternativamente, a seção transversal do tubo interno 510 perpendicular ao eixo geométrico do tubo interno 510 pode ter um formato além do circular. Adicionalmente, o formato, tamanho ou ambos o formato e o tamanho da seção transversal do tubo interno 510 perpendicular ao eixo geométrico do tubo interno 50 podem ser iguais ao longo do comprimento do tubo interno 510 ou podem ser diferentes em vários pontos ao longo do comprimento do tubo interno 510.

[0061] O tubo externo 508 e o tubo interno 510 são separados pelo canal 522. Especificamente, o canal 522 é definido pela superfície interna 524 do tubo externo 508 e a superfície externa 526 do tubo interno 510.

[0062] De acordo com uma modalidade vantajosa, a estrutura de formação de ponte 528 é posicionada no canal 522 para formar uma conexão eletrostática entre o tubo externo 508 e o tubo interno 510. Especificamente, a estrutura de formação de ponte 528 forma uma

conexão eletrostática entre o material eletricamente condutivo 514 na superfície interna 524 do tubo externo 508 e o material eletricamente condutivo 518 na superfície externa 526 do tubo interno 510.

[0063] De acordo com uma modalidade vantajosa, a estrutura de formação de ponte 528 está em contato mecânico com a superfície interna 524 do tubo externo 508 na pluralidade de primeiros pontos 530 na superfície interna 524. A estrutura de formação de ponte 528 está em contato mecânico com a superfície externa 526 do tubo interno 510 na pluralidade de segundos pontos 532 na superfície externa 526. De acordo com uma modalidade vantajosa, a estrutura de formação de ponte 528 não causa qualquer inconsistência na superfície interna 524 ou na superfície externa 526 que possa afetar o desempenho ou vida útil do conjunto de tubo 500.

[0064] A estrutura de formação de ponte 528 pode não ser fixada à superfície interna 524 ou superfície externa 526 em qualquer ponto. Alternativamente, a estrutura de formação de ponte 528 pode ser fixada à superfície interna 524 ou à superfície externa 526, ou a ambas a superfície interna 524 e superfície externa 526, em um ou mais pontos de qualquer forma adequada. Por exemplo, sem limitação, a estrutura de formação de ponte 528 pode ser soldada ou unida por adesivo ao tubo externo 508, ao tubo interno 510 ou a ambos o tubo externo 508 e tubo interno 510.

[0065] A estrutura de formação de ponte 528 é feita de material eletricamente condutivo 534. Por exemplo, sem limitação, a estrutura de formação de ponte 528 pode ser feita de titânio 536, aço inoxidável 538, outro material eletricamente condutivo, ou uma combinação de materiais eletricamente condutores.

[0066] A estrutura de formação de ponte 528 pode ser implementada em uma variedade de formas. Por exemplo, sem limitação, a estrutura de formação de ponte 528 pode ser implementada

como feixe de fios de filamentos 540, entrelaçamento 542, espuma 544, mola 546, ou como outra estrutura feita de material eletricamente condutivo 534. Por exemplo, feixe de fios de filamentos 540 pode formar uma estrutura de lã de aço do aço inoxidável 538 ou de outro material eletricamente condutivo.

[0067] A forma na qual a estrutura de formação de ponte 528 é montada no canal 522 pode depender da forma da estrutura de formação de ponte 528 e dos materiais dos quais a estrutura de formação de ponte 528 é formada. Por exemplo, sem limitação, a estrutura de formação de ponte 528 pode ser formada como um anel em O de cloropreno eletricamente condutor. Nesse caso, a estrutura de formação de ponte 528 pode ser retida no canal 522 utilizando um adesivo adequado que anexa a estrutura de formação de ponte 528 para um ou mais de ambos o tubo externo 508 e tubo interno 510. Como outro exemplo, a estrutura de formação de ponte 528 pode ser formada como uma tela feita de titânio ou outro material eletricamente condutivo ou combinação de materiais. Nesse caso, a estrutura de formação de ponte 528 pode ser instalada no canal 522 com um primer molhado, vedante de tanque de combustível, ou outro material de vedação ou combinação de materiais. O tubo externo 508 então pode ser swagged para baixo em torno do tubo interno 510 para entrelaçar a estrutura de formação de ponte 528.

[0068] Como um exemplo, a mola 546 pode ser formada no aparelho de formação de mola 548. O aparelho de formação de mola 548 pode incluir um mandril 550 possuindo uma pluralidade de lados 552. Por exemplo, sem limitação, o mandril 550 pode ter seis lados. Nesse caso, o formato transversal do mandril 550 é hexagonal 554.

[0069] A mola 546 pode ser formada pelo envolvimento de um comprimento de material eletricamente condutivo 556 em torno da pluralidade de lados 552 do mandril 550. Material eletricamente

condutivo 556 para formação de mola 546 dessa forma pode incluir, sem limitação, fio 558, tira 560 de material eletricamente condutivo 556, ou uma peça alongada de material eletricamente condutivo 556 em outra forma.

[0070] De acordo com uma modalidade vantajosa, o primeiro retentor 562 pode ser colocado no canal 522 em um lado da estrutura de formação de ponte 528. O segundo retentor 564 pode ser colocado no canal 522 no outro lado da estrutura de formação de ponte 528. Portanto, a estrutura de formação de ponte 528 é posicionada entre o primeiro retentor 562 e o segundo retentor 564 no canal 522. O primeiro retentor 562 e o segundo retentor 564 são configurados para impedir o movimento da estrutura de formação de ponte 528 no canal 522.

[0071] O primeiro retentor 562 e o segundo retentor 564 pode ser feito a partir de mesmo material condutor ou não condutor ou de um material diferente, selante, ou combinação de materiais. Por exemplo, sem limitação, o primeiro retentor 562 pode ser feito de material eletricamente isolante 566 e o segundo retentor 564 pode ser feito de material eletricamente isolante 568. O primeiro retentor 562 e o segundo retentor 564 podem ser feitos de qualquer material adequado e utilizando qualquer técnica de fabricação adequada para formar estruturas que podem ser localizadas e mantidas no canal 522 para impedir o movimento da estrutura de formação de ponte 528 no canal 522 preferivelmente sem causar inconsistências no tubo externo 508 ou no tubo interno 510. Por exemplo, sem limitação, um ou ambos o primeiro retentor 562 e o segundo retentor 564 podem ser feitos de um selante, tal como um selante para tanques de combustível. Nesse caso, o selante pode unir a estrutura de formação de ponte 528 ao tubo externo 508 e ao tubo interno 510.

[0072] Em uma modalidade vantajosa, o segundo retentor 564 pode ser posicionado na extremidade 570 do tubo externo 508. O tubo interno

510 pode se estender a partir do tubo externo 508 na extremidade 570 do tubo externo 508.

[0073] A ilustração da Figura 5 não deve implicar limitações físicas ou arquitetônicas à forma na qual modalidades vantajosas diferentes podem ser implementadas. Outros componentes em adição a, no lugar de ou ambos em adição a e no lugar dos ilustrados podem ser utilizados. Alguns componentes podem ser desnecessários em algumas modalidades vantajosas. Além disso, os blocos são apresentados para ilustrar alguns dos componentes funcionais. Um ou mais desses blocos podem ser combinados ou divididos em blocos diferentes quando implementados em modalidades vantajosas diferentes.

[0074] Por exemplo, uma vedação pode ser localizada na extremidade 570 do tubo externo 508 adjacente ao segundo retentor 564. Alternativamente ou adicionalmente, o segundo retentor 564, o primeiro retentor 562, ou ambos podem ser configurados para fornecer tal vedação. Tal vedação pode ser utilizada para impedir que qualquer gás, líquido ou outro material no canal 522 vaze para fora da extremidade 570 do tubo externo 508. Por exemplo, tal vedação pode ser utilizada para vedar um gás, tal como gás de argônio, ou um vácuo no canal 522 para fornecer isolamento térmico para o conjunto de tubo 500.

[0075] Como outro exemplo, a estrutura de formação de ponte 528 pode vedar o canal 522 enquanto também fornece uma conexão eletrostática entre o tubo externo 508 e o tubo interno 510. Por exemplo, sem limitação, a estrutura de formação de ponte 528 pode ser formada a partir de um selante incluindo um aditivo para torná-lo condutor. Como um exemplo, a estrutura de formação de ponte 528 pode ser feita de um selante de tanque de combustível ou outro material de vedação com fibras de grafite ou outros materiais ou combinações de materiais adicionados para tornar a estrutura de formação de ponte 528

condutora.

[0076] Voltando-se à Figura 6, uma ilustração da ligação eletrostática da tubulação coaxial utilizando uma estrutura de formação de ponte elástica é apresentada de acordo com uma modalidade vantajosa. Nesse exemplo, a tubulação coaxial 600 é um exemplo do conjunto de tubo 500 na Figura 5.

[0077] A tubulação coaxial 600 inclui o tubo externo 602 e o tubo interno 604. O tubo interno 604 é posicionado dentro do tubo externo 602. O tubo interno 604 é separado do tubo externo 602 para formar o canal 606 entre o tubo interno 604 e o tubo externo 602.

[0078] A mola 608 é posicionada no canal 606 de modo que a mola 608 forme uma conexão eletrostática entre o tubo externo 602 e o tubo interno 604. A mola 608 está em contato mecânico com o tubo externo 602 em uma pluralidade de pontos e está em contato mecânico com o tubo interno 604 em uma pluralidade de pontos, mas não é fixada ao tubo externo 602 nem ao tubo interno 604 em ponto algum.

[0079] O primeiro retentor 610 é posicionado no canal 606 em um lado da mola 608. O segundo retentor 612 é posicionado no canal 606 no outro lado da mola 608. Portanto, a mola 608 é posicionada entre o primeiro retentor 610 e o segundo retentor 612 no canal 606. O primeiro retentor 610 e o segundo retentor 612 são configurados para impedir o movimento da mola 608 no canal 606.

[0080] De acordo com esse exemplo vantajoso, o primeiro retentor 610, a mola 608 e o segundo retentor 612 são posicionados em ou perto da extremidade 614 do tubo externo 602. Em particular, o segundo retentor 612 pode ser posicionado na extremidade 614 do tubo externo 602. O tubo interno 604 se estende a partir da extremidade 614 do tubo externo 602.

[0081] Voltando-se agora para a Figura 7, uma ilustração da ligação eletrostática da tubulação coaxial 600 na Figura 6 utilizando uma

estrutura de formação de ponte elástica é apresentada de acordo com uma modalidade vantajosa como tirada ao longo da linha 7-7 da Figura 6.

[0082] Voltando-se agora à Figura 8, uma ilustração de uma vista em perspectiva da ligação eletrostática da tubulação coaxial 600 na Figura 6 utilizando uma estrutura de formação de ponte elástica é apresentada de acordo com uma modalidade vantajosa. Nessa ilustração, o tubo externo 604 a Figura 6 é removido para ilustrar as posições da mola 608, o primeiro retentor 610, e o segundo retentor 612 mais claramente.

[0083] Voltando-se agora à Figura 9, uma ilustração de formação de uma estrutura de formação e ponte elástica para a ligação eletrostática da tubulação coaxial é apresentada de acordo com uma modalidade vantajosa. Nesse exemplo, uma estrutura de formação de ponte elástica é formada pelo envolvimento de material eletricamente condutivo alongado 900 em torno do mandril hexagonal 902 na direção indicada pela seta 904. Por exemplo, sem limitação, o material eletricamente condutivo alongado 900 pode ser um fio ou tira achatada de material eletricamente condutivo.

[0084] Voltando-se para a Figura 10, uma ilustração de uma vista em perspectiva da ligação eletrostática de tubulação coaxial utilizando outra estrutura de formação de ponte é apresentada de acordo com uma modalidade vantajosa. Nesse exemplo, a estrutura de formação de ponte 1000 é posicionada entre o primeiro retentor 1002 e o segundo retentor 1004 no tubo interno 1006. O primeiro retentor 1002 e o segundo retentor 1004 são configurados para impedir o movimento da estrutura de formação de ponte 1000 ao longo do tubo interno 1006. Nessa ilustração, o tubo externo que forma um tubo coaxial com o tubo interno 1006 é removido para ilustrar as posições da estrutura de formação de ponte 1000, do primeiro retentor 1002, e do segundo

retentor 1004 no tubo interno 1006 de forma mais clara.

[0085] Voltando-se agora para a Figura 11, uma ilustração de um fluxograma de um processo para ligação eletrostática da tubulação coaxial é apresentada de acordo com uma modalidade vantajosa. O processo na Figura 11 pode ser utilizado, por exemplo, para formar o conjunto de tubo 500 na Figura 5.

[0086] O processo começa pela colocação de um primeiro retentor no canal entre o tubo interno e o tubo externo de um tubo coaxial (operação 1102). Uma estrutura de formação de ponte eletricamente condutora é colocada no canal entre os tubos em contato mecânico com os tubos em uma pluralidade de pontos (operação 1104). A estrutura de formação de ponte não é fixada ao tubo interno nem ao tubo externo em ponto algum. A estrutura de formação de ponte forma uma conexão eletrostática entre os tubos interno e externo. Um segundo retentor é então colocado no canal entre os tubos interno e externo do tubo coaxial (operação 1106), com o processo sendo encerrado depois disso. A estrutura de formação de ponte é posicionada no canal entre o primeiro retentor e o segundo retentor. O primeiro retentor e o segundo retentor são configurados para impedir que a estrutura de formação de ponte eletricamente condutora mova no canal entre os tubos.

[0087] As modalidades da descrição podem ser descritas no contexto de método de fabricação e de serviço de veículos aeroespaciais 1200 como ilustrado na Figura 12 e veículo aeroespacial 1300 como ilustrado na Figura 13. Voltando-se em primeiro lugar à Figura 12, uma ilustração de um diagrama em bloco de um método de fabricação e serviço de veículo aeroespacial é apresentada de acordo com uma modalidade vantajosa.

[0088] Durante a pré-produção, o método de fabricação e serviço de veículo aeroespacial 1200 pode incluir a especificação e desenho 1202 de veículo aeroespacial 1300 na Figura 13 e aquisição material

1204. Durante a produção, a fabricação de componente e subconjunto 1206 e integração de sistema 1208 do veículo aeroespacial 1300 na Figura 13 ocorrem. Depois disso, o veículo aeroespacial 1300 na Figura 13 pode passar por uma certificação e distribuição 1210 a fim de ser colocado em serviço 1212.

[0089] Enquanto em serviço 1212 por um cliente, o veículo aeroespacial 1300 na Figura 13 é programado para manutenção e serviço de rotina 1214, que podem incluir modificação, reconfiguração, renovação e outros serviços ou manutenções. Nesse exemplo, o método de fabricação e serviço de veículo aeroespacial 1200 é ilustrado como um método para veículos aeroespaciais. As diferentes modalidades vantajosas podem ser aplicadas a outros tipos de métodos de fabricação e serviço incluindo os métodos de fabricação e serviço para outros tipos de plataformas, incluindo outros tipos de veículos.

[0090] Cada um dos processos do método de fabricação e serviço de veículo aeroespacial 1200 podem ser realizados por um integrador de sistema, uma terceira parte, um operador, ou por qualquer combinação de tais entidades. Nesses exemplos, o operador pode ser um cliente. Para fins de descrição, um integrador de sistema pode incluir, sem limitação, qualquer número de fabricantes de veículo aeroespacial e subcontratantes de sistema principal, uma terceira parte por incluir, sem limitação, qualquer número de vendedores, subcontratantes, e fornecedores e um operador pode ser uma companhia, uma entidade militar, uma organização de serviço e assim por diante.

[0091] Com referência agora à Figura 13, uma ilustração de um diagrama em bloco de um veículo aeroespacial no qual uma modalidade vantajosa pode ser implementada é apresentada. Nesse exemplo vantajoso, o veículo aeroespacial 1300 é produzido pelo método de fabricação e serviço de veículo aeroespacial 1200 na Figura 12. O

veículo aeroespacial 1300 pode incluir uma aeronave, uma espaçonave, ou qualquer outro veículo que viaje através do ar, através do espaço, ou seja capaz de operar em ambos o ar e o espaço. O veículo aeroespacial 1300 pode incluir um airframe 1302 com uma pluralidade de sistemas 1304 e interior 1306.

[0092] Exemplos da pluralidade de sistemas 1304 incluem um ou mais de sistema de propulsão 1308, sistema elétrico 1310, sistema hidráulico 1312, e sistema ambiente 1314. Modalidades vantajosas podem ser utilizadas para fornecer a ligação eletrostática da tubulação coaxial na pluralidade de sistemas 1304. Por exemplo, sem limitação, as modalidades vantajosas podem ser utilizadas para fornecer ligação eletrostática da tubulação coaxial utilizada para transportar fluido hidráulico utilizado no sistema hidráulico 1304. Por exemplo, sem limitação, as modalidades vantajosas podem ser utilizadas para fornecer ligação eletrostática da tubulação coaxial utilizada para transportar o fluido hidráulico utilizado no sistema hidráulico 1312. Como outro exemplo, as modalidades vantajosas podem ser utilizadas para fornecer ligação eletrostática de tubulação coaxial utilizada para transportar combustível para uso por motores do sistema de propulsão 1308. Apesar de um exemplo aeroespacial seja ilustrado, diferentes modalidades vantajosas podem ser aplicadas a outras indústrias, tal como a indústria automotiva.

[0093] Um aparelho e método consubstanciados aqui podem ser empregados durante pelo menos um dos estágios do método de fabricação e serviço do veículo aeroespacial 1200 na Figura 12. Como utilizado aqui, a frase "pelo menos um dentre", quando utilizada com uma lista de itens, significa que diferentes combinações de um ou mais dos itens listados podem ser utilizadas e apenas um de cada item na lista pode ser necessário. Por exemplo, "pelo menos um dentre o item A, item B e item C" pode incluir, por exemplo, sem limitação, o item A,

ou o item A e o item B. Esse exemplo também pode incluir o item A, o item B, e o item C ou o item B e o item C.

[0094] Em um exemplo vantajoso, os componentes ou subconjuntos produzidos na fabricação de componente e subconjunto 1206 da Figura 12 podem ser fabricados ou manufaturados de forma similar aos componentes ou subconjuntos produzidos enquanto o veículo aeroespacial 1300 está em serviço 1212 na Figura 12.

[0095] Como outro exemplo, um número de modalidades de aparelho, modalidades de método ou uma combinação dos mesmos podem ser utilizados durante os estágios de produção, tal como fabricação de componente e subconjunto 1206 e integração de sistema 1208 da Figura 12. Um número de modalidades de aparelho, modalidades de método ou uma combinação dos mesmos podem ser utilizados enquanto o veículo aeroespacial 1300 está em serviço 1212, durante a manutenção e serviço 1214, ou ambos.

[0096] O uso de várias modalidades vantajosas diferentes pode acelerar substancialmente a montagem do veículo aeroespacial 1300. Alternativamente ou adicionalmente, um número de diferentes modalidades vantajosas pode reduzir o custo do veículo aeroespacial 1300. Por exemplo, uma ou mais das diferentes modalidades vantajosas podem ser utilizadas durante a fabricação de componente e subconjunto 1206, durante a integração do sistema 1208 ou ambos. As diferentes modalidades vantajosas podem ser utilizadas durante essas partes do método de fabricação e serviço do veículo aeroespacial 1200 para fornecer a ligação eletrostática da tubulação coaxial sem reduzir o desempenho ou vida útil da tubulação.

[0097] Adicionalmente, as modalidades vantajosas diferentes também podem ser implementadas enquanto em serviço 1212, durante a manutenção e serviço 1214, ou ambos para fornecer ligação eletrostática para a tubulação coaxial que pode estar presente no

veículo aeroespacial 1300.

[0098] Adicionalmente, a descrição compreende as modalidades de acordo com as cláusulas a seguir:

1. Aparelho, compreendendo:

[0099] um tubo externo (508) compreendendo um material eletricamente condutivo (514) e possuindo uma superfície interna (524);

[00100] um tubo interno (510) compreendendo um material eletricamente condutivo (518) e possuindo uma superfície externa (526), o tubo interno (510) posicionado dentro do tubo externo (508) de modo que a superfície externa (526) do tubo interno (510) e a superfície interna (524) do tubo externo (508) definam um canal (522); e

[00101] uma estrutura de formação de ponte (528) compreendendo um material eletricamente condutivo (514) posicionado no canal (522) de modo que a estrutura de formação de ponte (528) forme o contato mecânico e uma conexão eletrostática entre o material eletricamente condutivo (514) na superfície interna (524) do tubo externo (508) e o material eletricamente condutivo (518) na superfície externa (526) do tubo interno (510), onde a estrutura de formação de ponte (528) está em contato mecânico com a superfície interna (524) do tubo externo (508) em uma pluralidade de primeiros pontos e em contato mecânico com a superfície externa (526) do tubo interno (510) em uma pluralidade de segundos pontos.

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, no qual a estrutura de formação de ponte (528) é selecionada a partir de um grupo de estruturas compreendendo uma mola (546), um entrelaçamento (542), uma espuma (544), e um feixe de fios de filamentos (540).

3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 2, no qual a estrutura de formação de ponte (528) compreende a mola (546) formada pelo enrolamento do material eletricamente condutivo (514) em torno de um mandril (550) compreendendo uma pluralidade de lados (552).

4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo adicionalmente:

[00102] um primeiro retentor (562) posicionado no canal (522) em um lado da estrutura de formação de ponte (528); e

[00103] um segundo retentor (564) posicionado no canal (522) no outro lado da estrutura de formação de ponte (528), onde a estrutura de formação de ponte (528) é posicionada entre o primeiro retentor (562) e o segundo retentor (564) e o primeiro retentor (562) e o segundo retentor (564) impedindo o movimento da estrutura de formação de ponte (528) no canal (522).

5. Aparelho, de acordo com a reivindicação 4, no qual o segundo retentor (564) é feito de um material eletricamente isolante (566) e é posicionado em uma extremidade (570) do tubo externo (508).

6. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, no qual o aparelho é localizado em uma aeronave (506).

7. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, no qual a estrutura de formação de ponte (528) não é fixada à superfície interna (524) do tubo externo (508) e a superfície externa (526) do tubo interno (510) em ponto algum.

8. Método de ligação elétrica de tubulação, compreendendo:

[00104] a colocação de uma estrutura de formação de ponte (528) compreendendo um material eletricamente condutivo (514) em um canal (522) entre um tubo externo (508) e um tubo interno (510) para formar uma conexão eletrostática entre um material eletricamente condutivo (514) e uma superfície interna (524) do tubo externo (508) e um material eletricamente condutivo (518) na superfície externa (526) do tubo interno (510), onde a estrutura de formação de ponte (528) é localizada em contato mecânico com a superfície interna (524) do tubo externo (508) em uma pluralidade de primeiros pontos e em contato mecânico com a superfície externa (526) do tubo interno (510) em uma

pluralidade de segundos pontos e a estrutura de formação de ponte (528).

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, no qual a estrutura de formação de ponte (528) é selecionada a partir de um grupo de estruturas compreendendo uma mola (546), um entrelaçamento (542), uma espuma (544), e um feixe de fios de filamentos (540).

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, no qual a estrutura de formação de ponte (528) compreende a mola (546) formada pelo enrolamento do material eletricamente condutivo (514) em torno de um mandril (550) compreendendo uma pluralidade de lados (552).

11. Método, de acordo com a reivindicação 8, compreendendo adicionalmente:

[00105] a colocação de um primeiro retentor (562) no canal (522) em um lado da estrutura de formação de ponte (528); e

[00106] a colocação de um segundo retentor (564) no canal (522) em outro lado da estrutura de formação de ponte (528), onde a estrutura de formação de ponte (528) é posicionada entre o primeiro retentor (562) e o segundo retentor (564) e o primeiro retentor (562) e o segundo retentor (564) impedindo o movimento da estrutura de formação de ponte (528) no canal (522).

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, compreendendo adicionalmente a colocação do segundo retentor (564) em uma extremidade (570) do tubo externo (508).

13. Método, de acordo com a reivindicação 8, no qual a estrutura de formação de ponte (528) é feita de um material selecionado a partir de um grupo que consiste de titânio (536) e aço inoxidável (538).

14. Método, de acordo com a reivindicação 8, no qual a estrutura de formação de ponte (528) não é fixada à superfície interna (524) do tubo externo (508) e a superfície externa (526) do tubo interno (510) em ponto algum.

[00107] A descrição das diferentes modalidades vantajosas foi apresentada para fins de ilustração e descrição e não deve ser exaustiva nem limitar as modalidades na forma descrita. Muitas modificações e variações serão aparentes aos versados na técnica. Adicionalmente, as diferentes modalidades vantajosas podem fornecer vantagens diferentes em comparação com outras modalidades vantajosas. A modalidade ou modalidades selecionadas são escolhidas e descritas a fim de melhor explicar os princípios das modalidades, a aplicação prática e para permitir que outros versados na técnica compreendam a descrição de várias modalidades com várias modificações que são adequadas para o uso em particular contemplado.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho, **caracterizado pelo fato de que** compreende:
um tubo externo (302) compreendendo um material eletricamente condutivo e possuindo uma superfície interna (400);

um tubo interno (304) compreendendo um material eletricamente condutivo e possuindo uma superfície externa (402), o tubo interno (304) posicionado dentro do tubo externo (302) de modo que a superfície externa (402) do tubo interno (304) e a superfície interna (400) do tubo externo (302) definam um canal (306); e

uma estrutura de formação de ponte (308) compreendendo um material eletricamente condutivo posicionado no canal (306) de modo que a estrutura de formação de ponte (308) forme o contato mecânico e uma conexão eletrostática entre o material eletricamente condutivo na superfície interna (400) do tubo externo (302) e o material eletricamente condutivo na superfície externa (402) do tubo interno (304), onde a estrutura de formação de ponte (308) está em contato mecânico com a superfície interna (400) do tubo externo (302) em uma pluralidade de primeiros pontos e em contato mecânico com a superfície externa (402) do tubo interno (304) em uma pluralidade de segundos pontos,

em que a estrutura de formação de ponte (308) é selecionada a partir de um grupo de estruturas compreendendo uma mola (608), um entrelaçamento, uma espuma, e um feixe de fios de filamentos.

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** a estrutura de formação de ponte (308) compreende a mola (608) formada pelo envolvimento do material eletricamente condutor em torno de um mandril compreendendo uma pluralidade de lados.

3. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações

anteriores, **caracterizado pelo fato de que** o tubo interno (304) é posicionado dentro do tubo externo (302) em uma disposição coaxial e o canal (306) inclui um material de isolamento térmico para isolar o tubo interno (304), em que o aparelho compreende adicionalmente:

um primeiro retentor (310) posicionado no canal (306) em um lado da estrutura de formação de ponte (308); e

um segundo retentor (312) posicionado no canal (306) no outro lado da estrutura de formação de ponte (308), onde a estrutura de formação de ponte (308) é posicionada entre o primeiro retentor (310) e o segundo retentor (312) e o primeiro retentor (310) e o segundo retentor (312) impedindo o movimento da estrutura de formação de ponte (308) no canal (306);

em que o canal compreende ainda uma vedação fornecida em uma extremidade (314) do tubo externo (302) adjacente ao segundo retentor (312) para evitar que material no canal vaze para fora da extremidade (314) do tubo externo (302).

4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado pelo fato de que** o segundo retentor (312) é feito de um material eletricamente isolante e é posicionado na extremidade (314) do tubo externo (302).

5. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo fato de que** o aparelho é localizado em uma aeronave (100).

6. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **caracterizado pelo fato de que** a estrutura de formação de ponte (308) não é fixada à superfície interna (400) do tubo externo (302) e a superfície externa (402) do tubo interno (304) em ponto algum.

7. Método de ligação elétrica de tubulação, **caracterizado pelo fato de que** compreende:

a colocação de uma estrutura de formação de ponte (308)

compreendendo um material eletricamente condutivo em um canal (306) entre um tubo externo (302) e um tubo interno (304) para formar uma conexão eletrostática entre um material eletricamente condutivo em uma superfície interna (400) do tubo externo (302) e um material eletricamente condutivo na superfície externa (402) do tubo interno (304), em que a estrutura de formação de ponte (308) é colocada em contato mecânico com a superfície interna (400) do tubo externo (302) em uma pluralidade de primeiros pontos e em contato mecânico com a superfície externa (402) do tubo interno (304) em uma pluralidade de segundos pontos e a estrutura de formação de ponte (308);

em que a estrutura de formação de ponte (308) é selecionada a partir de um grupo de estruturas compreendendo uma mola (608), um entrelaçamento, uma espuma, e um feixe de fios de filamentos;

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pelo fato de que** a estrutura de formação de ponte (308) compreende a mola (608) formada pelo envolvimento do material eletricamente condutivo em torno de um mandril compreendendo uma pluralidade de lados.

9. Método, de acordo com a qualquer uma das reivindicações 7 a 8, **caracterizado pelo fato de que** compreende adicionalmente:

a colocação de um primeiro retentor (310) no canal (306) em um lado da estrutura de formação de ponte (308);

a colocação de um segundo retentor (312) no canal (306) em outro lado da estrutura de formação de ponte (308), onde a estrutura de formação de ponte (308) é posicionada entre o primeiro retentor (310) e o segundo retentor (312) e o primeiro retentor (310) e o segundo retentor (312) impedindo o movimento da estrutura de formação de ponte (308) no canal (306); e

a colocação de uma vedação em uma extremidade (314) do tubo externo (302) adjacente ao segundo retentor (312) para evitar vazamento de fluido do canal (306).

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo fato de que** compreende ainda a colocação do segundo retentor (312) na extremidade (314) do tubo externo (302).

11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 7 a 10, **caracterizado pelo fato de que** a estrutura de formação de ponte (308) compreende titânio ou aço inoxidável.

12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 7 a 11, **caracterizado pelo fato de que** a estrutura de formação de ponte (308) não é fixada à superfície interna (400) do tubo externo (302) e a superfície externa (402) do tubo interno (304) em ponto algum.

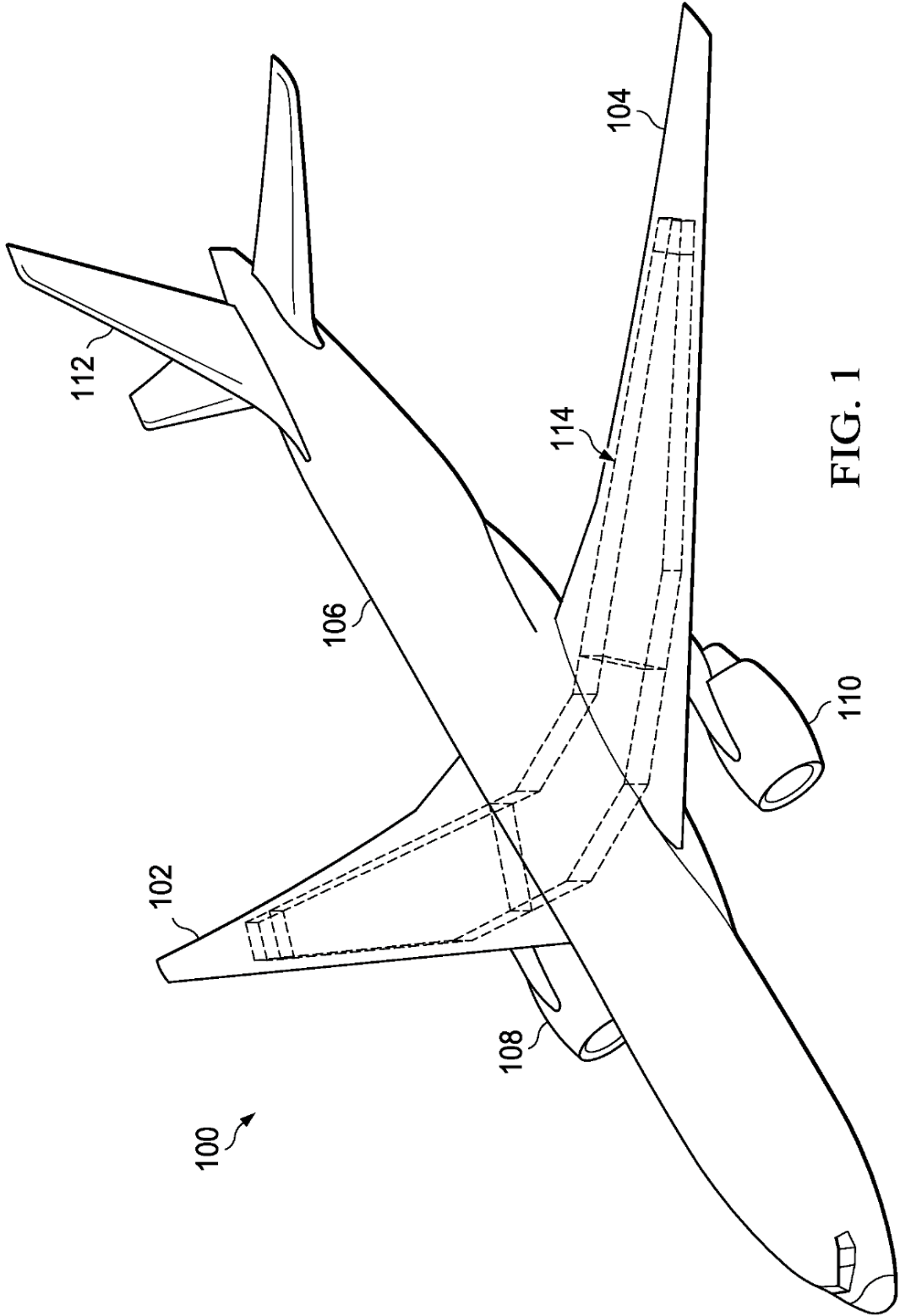


FIG. 1

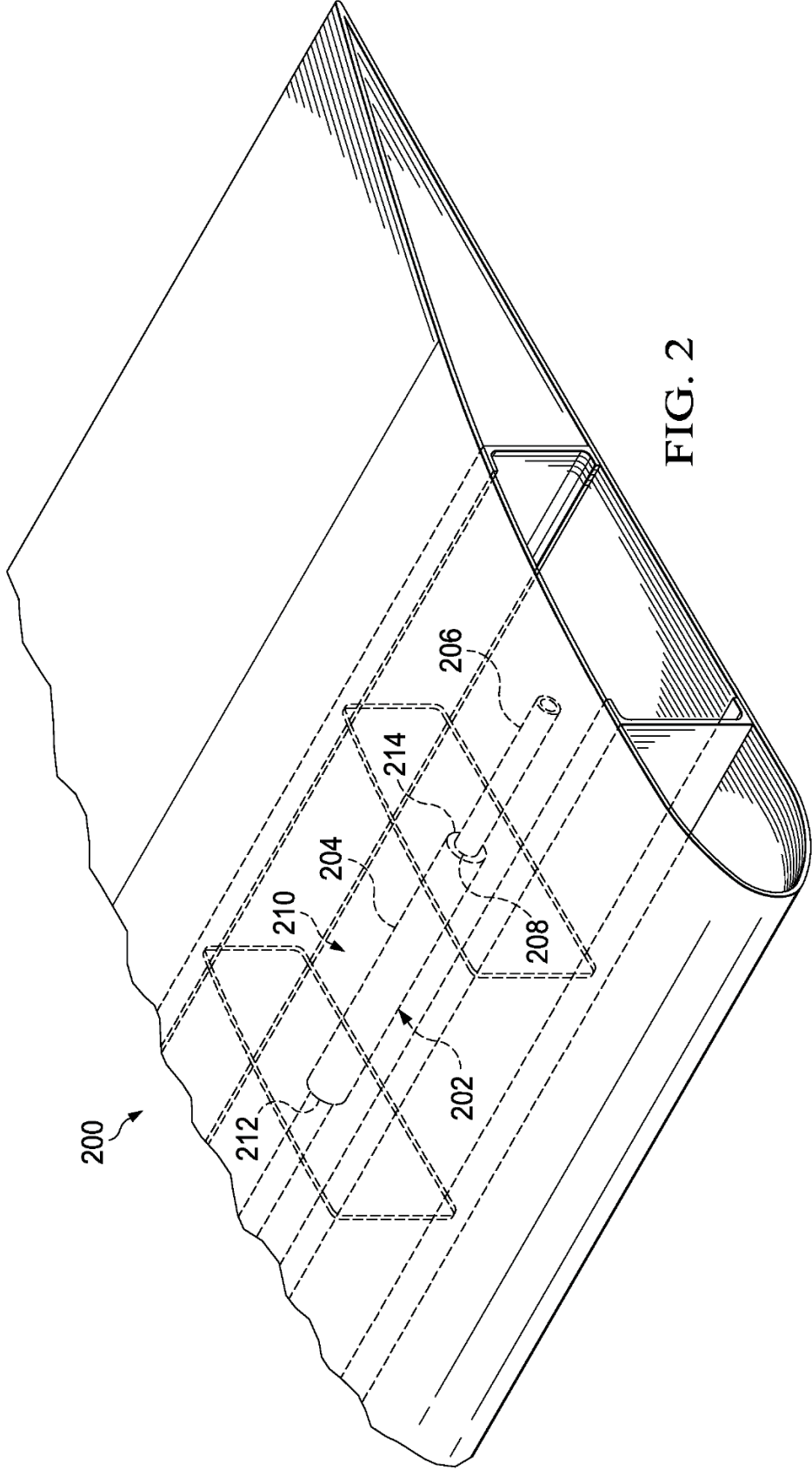
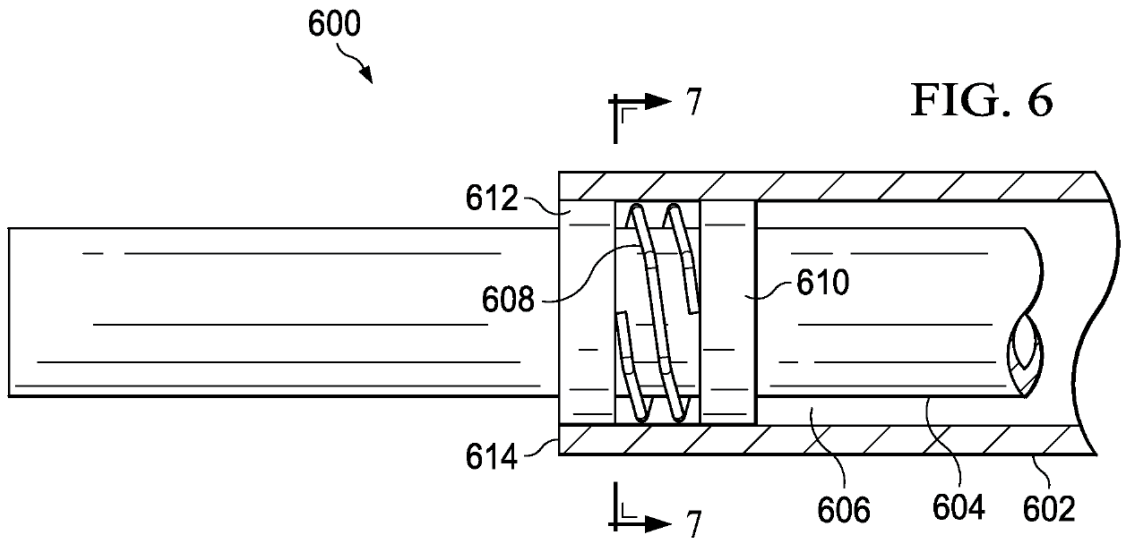
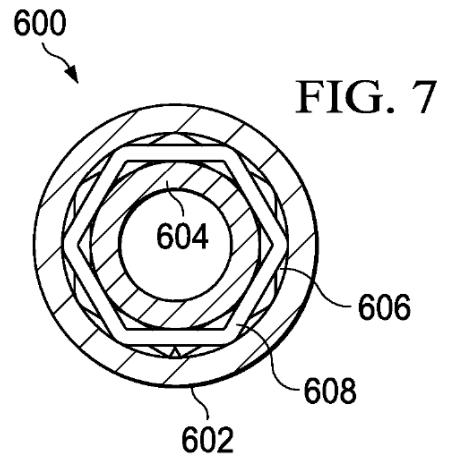
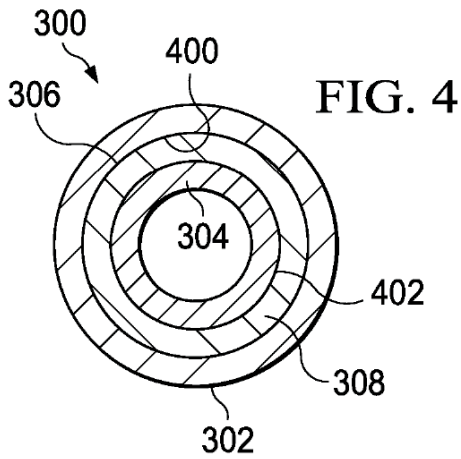
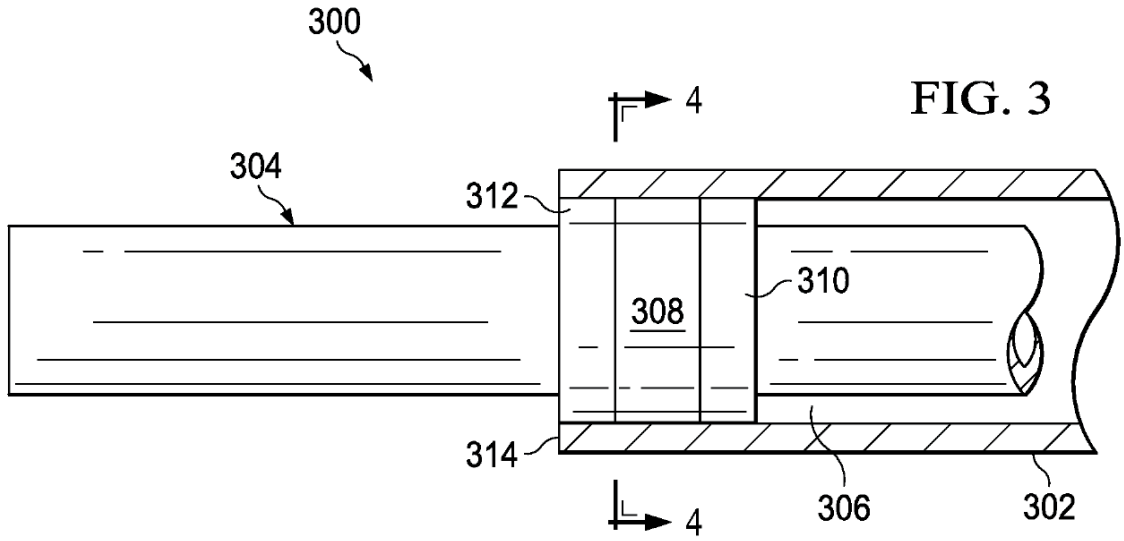


FIG. 2



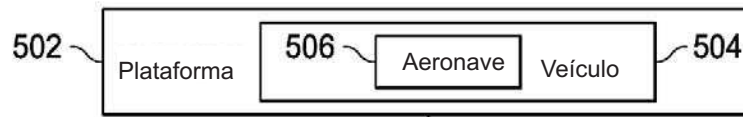
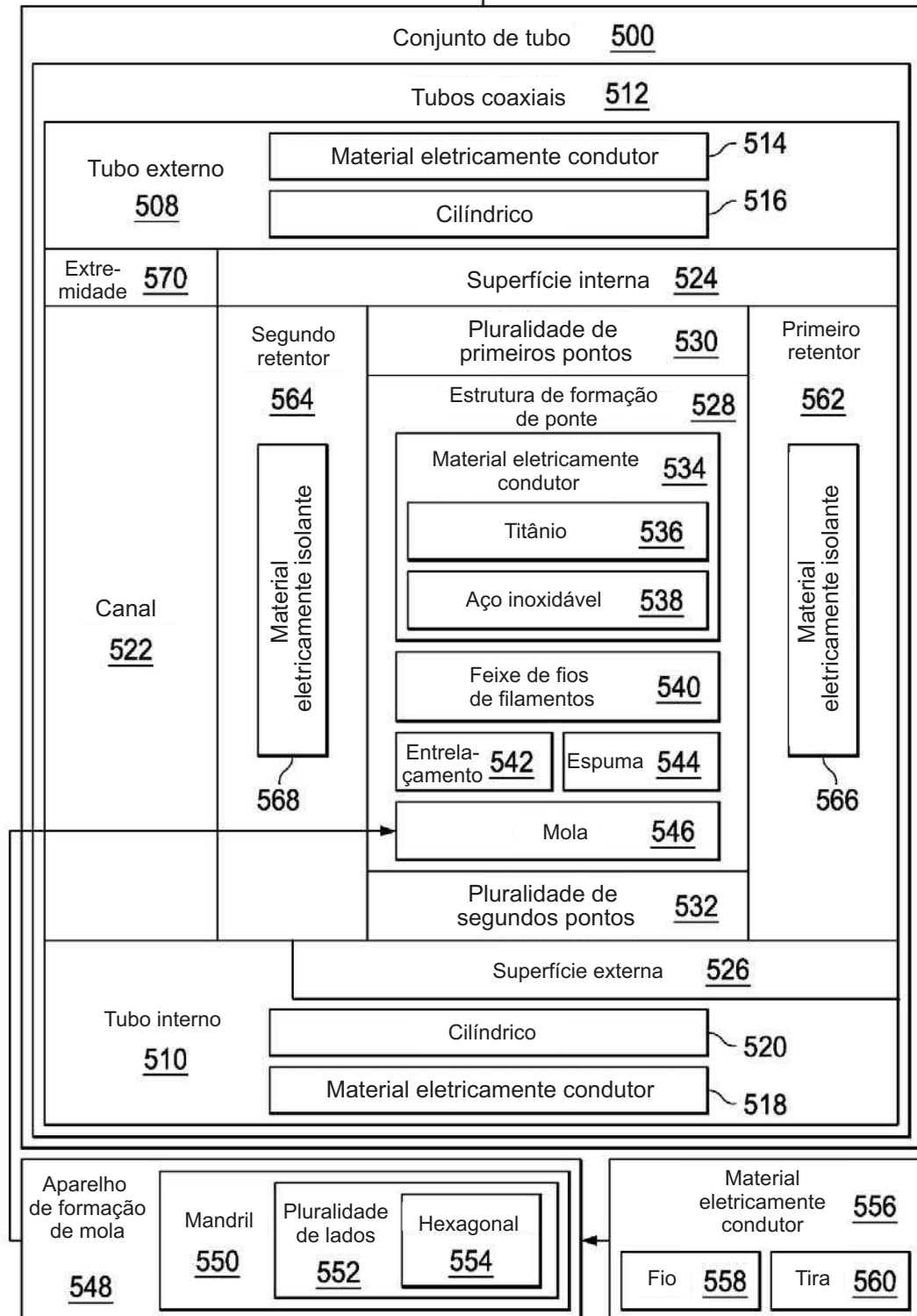


FIG. 5



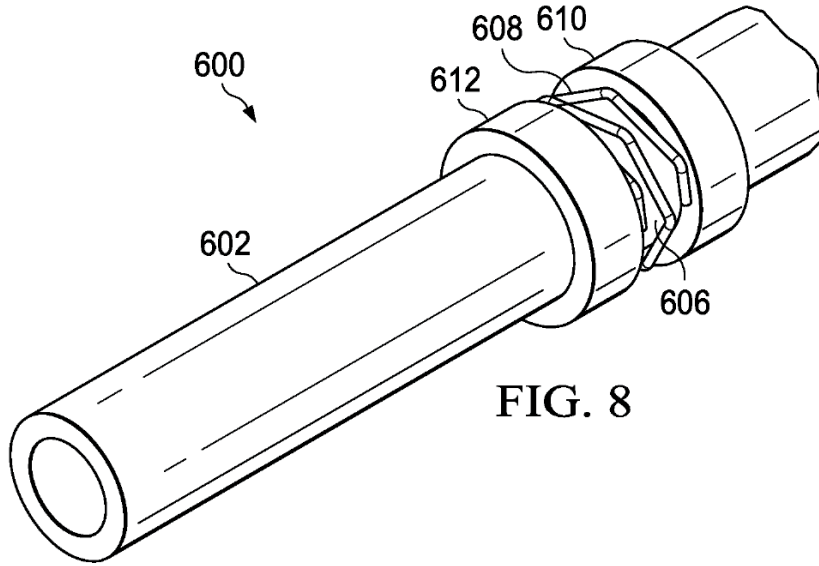


FIG. 8

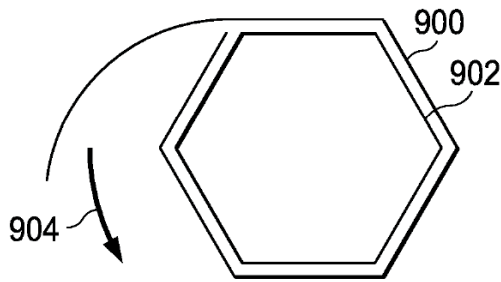


FIG. 9

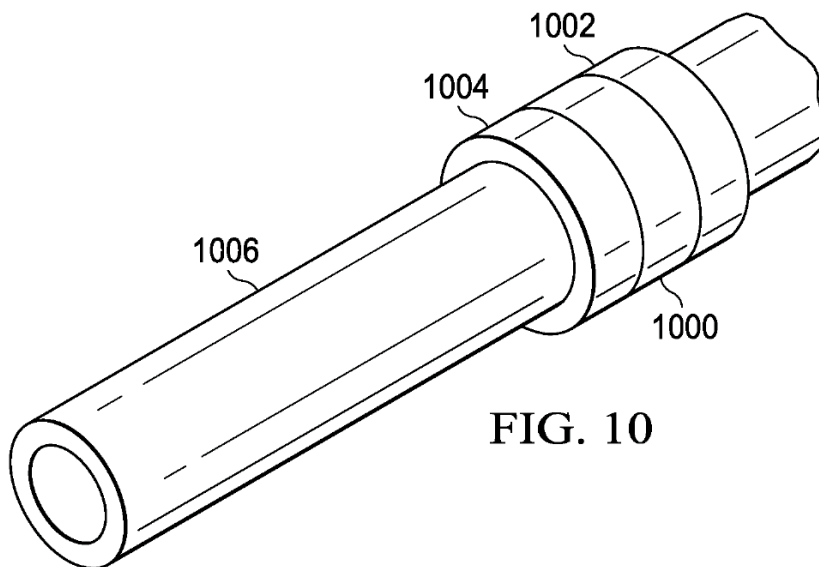


FIG. 10

FIG. 11

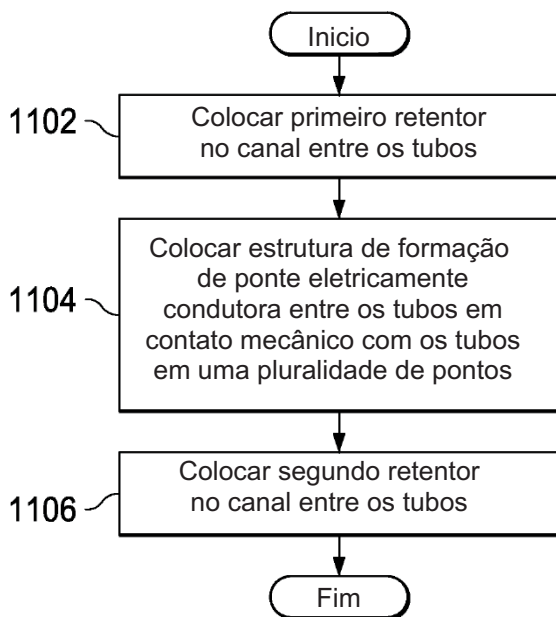
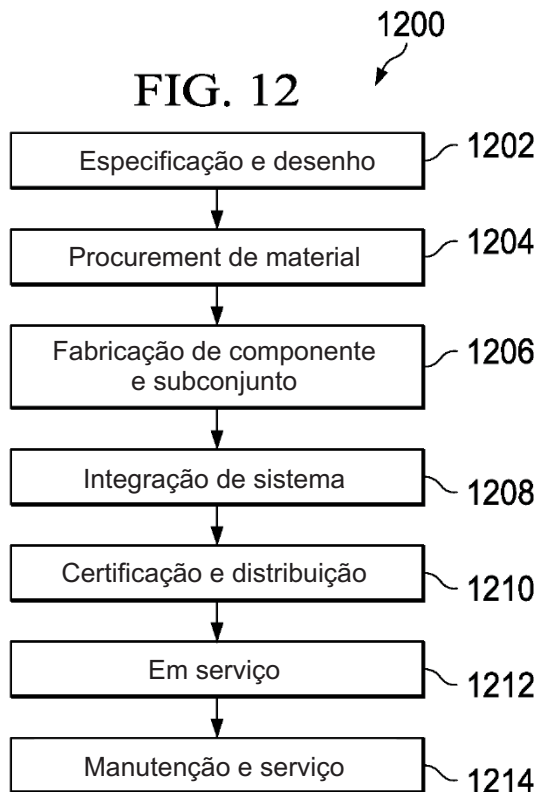


FIG. 12



1300

FIG. 13

