



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(11) BR 112019007377-9 B1

(22) Data do Depósito: 27/07/2018

(45) Data de Concessão: 23/01/2024

(54) Título: DISPOSITIVO MÉDICO

(51) Int.Cl.: A61M 25/01; A61M 25/09; A61M 25/00; A61L 29/04.

(30) Prioridade Unionista: 31/07/2017 US 62/539,346.

(73) Titular(es): THE BOARD OF REGENTS OF THE UNIVERSITY OF TEXAS SYSTEM; XCATH, INC..

(72) Inventor(es): DANIEL H. KIM; DONG SUK SHIN; VILJAR PALMRE; YOUNGHEE SHIM.

(86) Pedido PCT: PCT US2018044059 de 27/07/2018

(87) Publicação PCT: WO 2019/027826 de 07/02/2019

(85) Data do Início da Fase Nacional: 11/04/2019

(57) Resumo: Um dispositivo médico inclui pelo menos um acionador de polímero eletroativo iônico, o acionador incluindo pelo menos um membro eletrolítico de polímero definindo uma superfície e uma pluralidade de eletrodos distribuídos de forma circunferencial em torno da superfície de pelo menos um membro eletrolítico de polímero, de uma porção alongada, flexível definindo uma extremidade proximal e uma extremidade distal, fixadas adjacentes ao acionador de polímero eletroativo iônico e a porção alongada, flexível adicionalmente compreendendo um núcleo e uma manga no entorno do núcleo e uma pluralidade de fios eletricamente condutores, cada um tendo uma extremidade proximal e uma extremidade distal acoplada a pelo menos uma da pluralidade de eletrodos, na qual o pelo menos um membro de polímero eletrolítico se deforma assimetricamente em resposta a aplicação de um potencial elétrico alimentado através de pelo menos uma da pluralidade de fios eletricamente condutores a pelo menos um da pluralidade de eletrodos.

DISPOSITIVO MÉDICO

Antecedentes da Invenção

Campo da Invenção

[001] A presente invenção refere-se a um dispositivo médico intraluminal dirigível e, mais particularmente, a um dispositivo médico estreito, flexível (tal como um fio de guia), introduzível em e guiável de uma forma controlada através de lumens de um corpo. Em uma realização, o dispositivo médico inclui uma porção dobrável eletricamente acionada em uma extremidade principal e distal do mesmo, a qual pode ser seletivamente manipulada para direcionar o dispositivo médico para uma localização anatomicamente alvo no interior de um corpo.

Discussões sobre a Técnica Correlacionada

[002] Os dispositivos médicos intraluminais têm várias estruturas dependendo da localização do seu intencionado acionamento e posicionamento no interior do corpo e dos métodos de tratamento usando os dispositivos. Os dispositivos intraluminais geralmente incluem um tubo ou um eixo flexível bastante delgado, por exemplo, bem pequeno em uma seção cruzada, que pode ser inserido na e guiado através de um lúmen tal como uma artéria ou uma veia, ou uma passagem corporal tal como uma garganta, uma uretra, um orifício corporal ou qualquer outra passagem anatômica. Os exemplos de tais dispositivos médicos incluem seringas, endoscópios, cateteres, fios de guia e outros instrumentos cirúrgicos.

[003] Por exemplo, fios de guia são comumente usados para navegar recipientes com o objetivo de alcançar um lúmen alvo, uma passagem corporal, um orifício corporal ou uma passagem anatômica. Uma vez que o fio de guia alcança a localização alvo no interior de um corpo, um cateter, um extensor ou outro dispositivo médico pode ser guiado até a localização alvo por intermédio do movimento sobre ou ao longo do fio de guia.

[004] Os fios de guia convencionais intensificam o acesso as localizações de tratamento no interior do corpo de um paciente mas oferecem um controle

direcional fraco e imperfeito por causa da sua alta flexibilidade. A flexibilidade é requerida para permitir ao fio de guia mover através de trajetórias sinuosas em um lúmen ou em uma passagem. Todavia, esta mesma flexibilidade resulta no acima mencionado controle fraco e imperfeito de direção ou da trajetória a qual a extremidade distal do fio de guia tomará quando o mesmo é empurrado pela sua extremidade proximal. Assim sendo, há uma necessidade para fios de guia aperfeiçoados que tenham um melhor controle de direção.

Sumário da Invenção

[005] As realizações do dispositivo médico intraluminal dirigível proporcionam um melhor controle dirigível e um posicionamento intracorporal de uma parte acionável (por exemplo, um fio de guia) de um dispositivo médico no qual a parte acionável é adaptada para ser introduzida em um lúmen ou uma passagem corporal de um corpo e manipulada enquanto sendo se estendida para movimento no e através do lúmen e/ou da passagem corporal para dispor uma extremidade distal da parte acionável do dispositivo médico em uma localização anatômica desejável no interior do corpo. As realizações do dispositivo médico proporcionam um controle de movimento e de posicionamento mais preciso e exato de um ou mais componentes micro cirúrgicos manipuláveis dispostos na extremidade distal e principal da parte de acionamento do dispositivo médico para desempenhar um procedimento cirúrgico ou outra operação médica na localização desejada no interior do corpo.

[006] Uma realização de um dispositivo médico pode ter uma parte de acionamento na forma de um fio de guia a ser movido no ou através de um lúmen ou uma passagem corporal. O dispositivo médico compreende uma porção delgada, alongada, flexível tendo uma extremidade distal e uma extremidade proximal, e um acionador de polímero eletroativo iônico compreendendo um membro eletrolítico de polímero disposto adjacente a extremidade distal da porção alongada, flexível. Uma realização da porção alongada, flexível pode, adicionalmente, compreender um núcleo se estendendo a partir da extremidade proximal até a extremidade distal, e uma manga envolvendo o núcleo. O acionador de polímero eletroativo iônico, conforme será aqui

abaixo discutido em maiores detalhes é um acionador compreendendo um membro eletrolítico de polímero no qual cátions são livres para migrarem em resposta a um campo elétrico imposto sobre os mesmos. O campo elétrico é proporcionado através da energização de uma pluralidade de eletrodos distribuídos dispostos e espaçados, acerca de uma circunferência do membro eletrolítico de polímero. A pluralidade de eletrodos distribuídos é uma dos: embutidos na, depositados sobre, e retidos contra pelo menos uma porção de pelo menos uma superfície do membro eletrolítico de polímero. Cada um da pluralidade de eletrodos pode ser conectada a uma fonte de potencia elétrica através de um ou mais fios eletro condutores tal como, por exemplo, um fio de metal, se estendendo sobre o núcleo da porção alongada, flexível e tendo uma extremidade proximal acoplada a fonte de potência elétrica e uma extremidade distal acoplada ao eletrodo. A energização elétrica seletiva de um ou mais, mas não de todas, da pluralidade de eletrodos faz com que o membro eletrolítico de polímero deforme assimetricamente como um resultado de contração ao longo de um lado ou uma porção do membro eletrolítico de polímero e/ou inche ao longo de um lado ou de uma porção do membro eletrolítico de polímero.

[007] Em algumas realizações, a superfície externa do núcleo pode ser linearmente afunilada, afunilada de uma forma curvilínea, ou afunilada de uma forma etapa por etapa a partir da extremidade distal da porção alongada, flexível para formar uma extremidade com uma espessura reduzida, uma largura reduzida, ou um diâmetro reduzido. O ângulo de qualquer extremidade afunilada pode variar, dependendo das características de flexibilidade desejadas. O comprimento da extremidade afunilada pode ser selecionado para obter uma transição de rigidez mais gradual (comprimento de adelgaçar mais longo) ou menos gradual (comprimento de adelgaçar mais curto). Em algumas realizações, a extremidade afunilada pode incluir um diâmetro adelgado externo de forma distal de tal maneira que uma porção do núcleo é reduzido em uma seção transversal e, assim sendo, pode ser embutido no membro eletrolítico de polímero. Em algumas realizações, o núcleo tem uma seção transversal sólida. Mas em algumas realizações alternativas, o núcleo pode ter uma seção transversal oca. Por exemplo, em

algumas realizações, um lúmen interno é proporcionado e formado longitudinalmente no interior do núcleo a partir da extremidade proximal até a extremidade distal do mesmo. Em outras realizações, o núcleo pode compreender um material metálico e ser acoplada a pelo menos um da pluralidade de eletrodos para servir e funcionar como um conduto eletricamente condutor adicional.

[008] Em algumas realizações, a manga pode se estender a partir da extremidade distal da porção alongada, flexível para rodear e cercar pelo menos uma porção do acionador de polímero eletroativo iônico. Por exemplo, a manga pode rodear e cercar um dos eletrodos, o membro de polímero eletrólito, ou uma combinação dos mesmos.

[009] Os fios eletricamente condutores são interconectados com a porção alongada, flexível de várias maneiras, técnicas e/ou estruturas. Por exemplo, mas não de maneira limitante, em uma realização, cada um dos fios eletricamente condutores é disposto linearmente ou paralelamente ao longo de uma superfície externa do núcleo, e os mesmos são ali separados, um a partir do outro, de uma forma circunferencial. Em uma realização exemplar, uma pluralidade de ranhuras é formada linearmente e espaçada, uma a partir da outra, de forma circunferencial, em um sentido para dentro da superfície externa do núcleo, cada uma das ranhuras ali recebendo um dos fios eletricamente condutores, respectivamente. Em outras realizações, cada uma da pluralidade de fios eletricamente condutores é envolta de forma helicoidal ou de forma entrelaçada envolvendo o núcleo. Alternativamente, em algumas realizações, os fios eletricamente condutores podem ser fixados entre a manga e o núcleo e adicionalmente fixados a pelo menos uma porção do acionador de polímero eletroativo iônico. Em outras realizações, os fios eletricamente condutores podem passar através do núcleo, por exemplo, sendo fixados ou embutidos através do núcleo quando o núcleo tem uma seção transversal sólida. Alternativamente, onde o núcleo tem uma seção transversal oca, os fios eletricamente condutores podem passar através do lúmen humano definido no interior do núcleo conforme aqui acima descrito.

[010] Para isolar os fios eletricamente condutores a partir da porção alongada, flexível e do acionador de polímero eletroativo iônico exceto quando contato entre os mesmos é desejado, cada uma da pluralidade de fios eletricamente condutores pode adicionalmente compreender um revestimento e isolamento sobre os mesmos. O material do revestimento de isolamento pode compreender, por exemplo, mas não é limitado a: cerâmica, PTFE, náilon, poliimida, poliéster ou uma combinação dos mesmos.

[011] Em algumas realizações, o membro eletrolítico de polímero pode compreender um polímero hospedeiro e um eletrólito como um solvente. O polímero pode compreender, mas não é limitado a: polímeros de flúor e polímeros intrinsecamente condutores. Em uma realização exemplar, os flúor polímeros podem compreender ionômeros perfluorinados, difluoreto de polivinilideno (PVDF) ou copolímero do mesmo (por exemplo, poli(vinilideno fluoreto-co-hexafluorpropileno (PVDF-HFP), mas não são limitados a esse polímeros. Em outra realização exemplar, os polímeros intrinsecamente condutores podem compreender, mas não são limitados a: polianileno (PANI), polipirrolo (PPY), poli(3,4-etilenedioxitiofeno (PEDOT), poli(sulfeto de p-fenileno) (PPS) , ou a combinação dos mesmos.

[012] Em ainda outra realização, o eletrólito pode ser água ou um líquido iônico. Os exemplos exemplares do líquido iônico podem incluir, mas não são limitados a 1-etila-3-metilimidazolium tetrafluorborato EMI-BF₄), 1-etila-3-metilimidazolium bis(trifluorometilasulfonila)imido (EMI-TFSI), 1-etila-3-metilimidazolium trifluorometanosulfonato (EMITF) ou uma combinação dos mesmos.

[013] Em algumas realizações, cada um dos eletrodos pode compreender materiais tais como platina, ouro, materiais à base de carbono ou uma combinação dos mesmos. Os exemplos exemplares de material à base de carbono podem compreender, mas não são limitados a carbono derivado de carboneto, nanotubos de carbono, grafeno, um material composto de carbono derivado de carboneto e material eletrolítico de polímero (por exemplo, ionômero), e um material composto de nanotubo de

carbono e material eletrolítico de polímero (por exemplo, ionômero).

[014] Em uma realização do dispositivo médico, o acionador de polímero eletroativo iônico pode compreender uma pluralidade de eletrodos individuais e eletrodos eletricamente isolados, uns a partir dos outros, os quais estão distribuídos de uma forma angular e distribuídos de uma forma eqüi-angular em torno da superfície externa da camada de polímero eletrolítica. Em uma realização do dispositivo médico, o acionador de polímero eletroativo iônico pode ser incluído em uma porção dobrável na extremidade distal de uma porção de acionamento (por exemplo, um fio de guia) do dispositivo médico. Por exemplo, mas não de uma maneira limitada, a porção dobrável do dispositivo médico, em uma realização, compreende três eletrodos distribuídos de forma angular que é separado, nas suas linhas centrais, cada um a partir do outro, por cerca de 120 graus (2.094 radianos). Como outro exemplo, mas não de uma maneira limitada, a porção dobrável do dispositivo médico pode compreender oito eletrodos distribuídos de forma angular que são separados, nas suas linhas centrais, por cerca de 45 graus (0.785 radianos), um a partir do outro. Deverá ser aqui subentendido que cada um da pluralidade de eletrodos ocupa uma extensão circunferencial em torno da superfície do membro eletrolítico de polímero, e que a “separação de forma angular” pode, portanto ser declarada em termo das linhas centrais dos eletrodos ao invés de em termos das bordas adjacentes dos eletrodos, algo que será muito mais próximo a borda adjacente do eletrodo adjacente do que será das suas linhas centrais. Em algumas realizações do dispositivo médico, os eletrodos são espaçados de uma maneira a proporcionar um espaçamento substancial entre os eletrodos adjacentes.

[015] Em algumas realizações, os fios eletricamente condutores são diretamente interconectados (por exemplo, são integrados e embutidos) a eletrodos usando várias técnicas convencionais tais como soldagem, crimpagem, grampeamento, beliscar, soldadura, adesivo condutor (por exemplo, usando epóxi condutor), e os similares. Alternativamente, em algumas realizações, os fios eletricamente condutores são indiretamente interconectados aos eletrodos através de uma ponte condutora

interveniente. Em uma realização exemplar, a ponte condutora se estende entre uma superfície do membro eletrolítico de polímero e pelo menos um dos eletrodos para funcionar como uma interface condutiva para conectar os fios eletricamente condutores aos eletrodos e permitir o movimento entre os mesmos sem impactar negativamente a conexão elétrica entre os mesmos.

[016] Em algumas realizações, o acionador de polímero eletroativo iônico pode ser configurado em qualquer configuração possível para proporcionar dois graus de liberdade em movimento dobrável. Por exemplo, quatro eletrodos são circunferencialmente distribuídos por intermédio de um espaço angular igual das suas linhas centrais em torno da superfície do membro eletrolítico de polímero. Em algumas realizações, o acionador de polímero eletroativo iônico pode ser configurado em qualquer configuração possível para proporcionar um grau de liberdade no movimento dobrável. Em uma realização exemplar, o membro eletrolítico de polímero pode ser uma haste cilíndrica circular direita, ou outra seção transversal, ou ter outro formato similar a uma haste, e dois eletrodos são circunferencialmente distribuídos por intermédio de ângulos iguais em torno da superfície do membro eletrolítico de polímero. Em outra realização exemplar, o membro eletrolítico de polímero pode ter um formato retangular e definir uma superfície superior e uma superfície inferior correspondente e dois eletrodos são circunferencialmente distribuídos em torno da superfície superior e da superfície inferior do membro eletrolítico de polímero simetricamente para formar uma estrutura de sanduíche onde os eletrodos “sanduíche” (encaixa) o membro eletrolítico de polímero entre os mesmos.

Breve Descrição dos Desenhos

[017] Os desenhos ilustrativos anexos proporcionam um entendimento adicional das realizações e são aqui incorporados e constituem uma parte deste pedido de patente e, conjuntamente com a descrição aqui escrita, servem para explicar a presente invenção. Os desenhos anexos são brevemente descritos conforme aqui a seguir.

[018] A Figura 1A é uma vista isométrica de uma porção de um fio

de guia compreendendo uma porção alongada, flexível e uma porção dobrável de acordo com uma realização;

[019] a Figura 1B é uma vista isométrica da porção do fio de guia da Figura 1A de acordo com uma realização com uma seção de uma manga de polímero removida para revelar detalhes dos componentes no seu interior;

[020] as Figuras 2A a 2F ilustram várias realizações da porção alongada, flexível da Figura 1A, nas quais:

[021] a Figura 2A é uma seção cruzada da porção alongada, flexível de acordo com uma realização, ilustrando dois fios eletricamente condutores linearmente dispostos, e espaçados, um a partir do outro, de uma forma circunferencial ao longo da superfície externa do núcleo;

[022] a Figura 2B é uma vista de seção transversal da porção alongada, flexível de acordo com outra realização, ilustrando um fio eletricamente condutor linearmente disposto, e espaçado, um a partir do outro de forma circunferencial, ao longo da superfície externa do núcleo que adicionalmente compreende um fio de núcleo;

[023] a Figura 2C é uma vista lateral do núcleo da porção alongada, flexível de acordo com outra realização, ilustrando os fios eletricamente condutores envoltos de forma helicoidal ou entrelaçados envolvendo o núcleo;

[024] a Figura 2D é uma vista lateral em corte da porção alongada, flexível e da porção dobrável de acordo com outra realização, ilustrando um lúmen interno formado com o núcleo ao longo da porção alongada, flexível;

[025] a Figura 2E é uma vista em seção transversal da porção alongada, flexível da Figura 2D, ilustrando os fios eletricamente condutores passando através do lúmen interno;

[026] a Figura 2F é uma vista em seção transversal da porção alongada, flexível de acordo com outra realização, ilustrando uma pluralidade de ranhuras formada linearmente, e espaçadas, um a partir da outra, de forma circunferencial ao longo da superfície externa do núcleo;

[027] as Figuras de 3A a 3C ilustram a porção alongada, flexível e a porção dobrável do fio de guia da Figura 1A de acordo com várias realizações onde uma extremidade afunilada é proporcionada na extremidade distal da porção alongada, flexível, na qual:

[028] a Figura 3A é uma vista isométrica de uma porção da porção alongada, flexível e da porção dobrável de acordo com uma realização com uma seção da manga de polímero indicada por linhas sólidas para melhor revelar os detalhes dos componentes no seu interior;

[029] a Figura 3B é uma vista lateral em corte da porção alongada, flexível e da porção dobrável da Figura 3A de acordo com uma realização, ilustrando uma extremidade afunilada tendo uma geometria que é reduzida na área de seção transversal conforme a mesma se aproxima da extremidade distal da porção alongada, flexível para acoplar a extremidade proximal do acionador de polímero eletroativo iônico proporcionado na porção dobrável;

[030] a Figura 3C é uma vista lateral em corte da porção alongada, flexível da Figura 3A de acordo com outra realização, ilustrando uma extremidade afunilada embutida na extremidade proximal do membro eletrolítico de polímero;

[031] a Figura 4A é uma vista isométrica de uma porção da porção dobrável de uma realização da Figura 1A e 1B, ilustrando a porção dobrável no modo reto;

[032] a Figura 4B é uma vista em perspectiva da porção da porção dobrável da Figura 4A no modo se deformado ou no modo dobrado;

[033] a Figura 4C é uma vista de seção transversal da porção da porção dobrável das Figuras 4A e 4B ilustrando uma realização na qual um primeiro conjunto selecionado de quatro sinais elétricos é aplicado a quatro eletrodos distribuídos de forma circunferencial em torno da superfície externa do membro eletrolítico de polímero para proporcionar dois graus de liberdade no movimento de dobrar;

[034] a Figura 4D é uma vista em seção transversal da porção da porção dobrável das Figuras 4A e 4B revelando outra realização na qual um segundo

conjunto selecionado de quatro sinais elétricos é aplicado aos eletrodos distribuídos de forma circunferencial dispostos acerca do membro eletrolítico de polímero;

[035] a Figura 5 é uma vista isométrica de uma porção da porção dobrável dos fios de guia de acordo com outra realização ilustrando um acionador de polímero eletroativo iônico no formato de uma haste proporcionando um grau de liberdade no movimento de dobrar;

[036] a Figura 6A é uma vista isométrica de um fio de guia compreendendo uma porção alongada, flexível e uma porção dobrável de acordo com outra realização;

[037] a Figura 6B é uma vista isométrica da Figura 6A com uma seção de uma manga de polímero indicada com linhas sólidas para melhor revelar os detalhes dos componentes no seu interior;

[038] a Figura 6C é uma vista isométrica da porção dobrável das Figuras 6A e 6B ilustrando um acionador de polímero eletroativo iônico estruturado como um sanduíche;

[039] a Figura 7A ilustra uma vista lateral em corte da porção alongada, flexível sem a manga de polímero e a porção dobrável de um fio de guia de acordo com outra realização, ilustrando uma ponte condutiva 13 formada na extremidade proximal do acionador de polímero eletroativo iônico;

[040] a Figura 7B ilustra uma vista lateral em corte da porção alongada, flexível da Figura 7A com a manga de polímero;

[041] a Figura 8 a ilustra uma vista lateral da porção alongada, flexível do fio de guia tendo geralmente a mesma configuração, mas modificado conforme a Figura 2D de acordo com uma realização;

[042] a Figura 8B ilustra uma vista lateral da porção dobrável da Figura 8A;

[043] as Figuras 9A a 9C ilustram esquematicamente a integração do acionador de polímero eletroativo iônico e da extremidade afunilada proporcionados na

extremidade distal do núcleo da porção alongada, flexível, na qual:

[044] a Figura 9A é uma vista explodida mostrando um núcleo e um acionador de polímero eletroativo iônico de um fio de guia mostrado nas Figuras 6A e 6B de acordo com uma realização;

[045] a Figura 9B é uma vista isométrica de um núcleo e um acionador de polímero eletroativo iônico de um fio de guia mostrado nas Figuras 6A e 6B de acordo com uma realização; e

[046] a Figura 9C é uma vista isométrica da Figura 9B com uma seção do acionador de polímero eletroativo iônico indicado com linhas sólidas para melhor revelar os detalhes dos componentes no seu interior;

[047] as Figuras 10A a 10D ilustram esquematicamente a integração dos fios eletricamente condutores com os eletrodos do acionador de polímero eletroativo iônico e do núcleo da porção alongada, flexível, na qual:

[048] a Figura 10A é uma vista isométrica de um núcleo, de um acionador de polímero eletroativo iônico e fios eletricamente condutores de um fio de guia mostrado nas Figuras 6A e 6B de acordo com uma realização;

[049] a Figura 10B é uma vista lateral da Figura 10A;

[050] a Figura 10C é uma vista isométrica da Figura 10A com uma seção do acionador de polímero eletroativo iônico indicado com linhas sólidas para melhor revelar os componentes no seu interior; e

[051] a Figura 10D é uma vista lateral da Figura 10A com uma seção de um acionador de polímero eletroativo iônico indicado com linhas sólidas para melhor revelar os componentes no seu interior;

[052] as Figuras 11A a 11E ilustram esquematicamente a integração da manga de polímero para contornar sobre o núcleo, a extremidade proximal do acionador de polímero eletroativo iônico e os fios eletricamente condutores, nas quais:

[053] a Figura 11A é uma vista isométrica de uma porção alongada, flexível e de uma porção dobrável de um fio de guia de acordo com uma

realização, na qual a porção alongada, flexível compreende um núcleo e uma manga de polímero no entorno do núcleo 1 ao passo que a porção dobrável inclui um acionador de polímero eletroativo iônico 110b mostrado nas Figuras 6A e 6B; a Figura 11B é uma vista lateral da Figura 11 A:

[054] a Figura 11C é uma vista isométrica da Figura 11A com uma seção de uma manga de polímero indicada com linhas sólidas para melhor revelar os componentes no seu interior;

[055] a Figura 11D é uma vista lateral da Figura 11A com uma seção de uma manga de polímero indicada com linhas sólidas para melhor revelar os componentes no seu interior; e

[056] a Figura 11E é uma vista lateral da Figura 11A com uma seção de uma manga de polímero e um acionador de polímero eletroativo iônico indicadas com linhas sólidas para melhor revelar os componentes no seu interior.

Descrição Detalhada da Realização Preferida

[057] Dispositivos médicos tais como fios de guia são suficientemente delgados para serem inseridos em um lúmen tal como uma artéria, uma veia, uma garganta, um canal auditivo, uma passagem nasal, uma uretra ou quaisquer outros lumens ou passagens corporais. Esses dispositivos médicos permitem aos médicos desempenhar e realizar cirurgias não invasivas resultando em um período de recuperação substancialmente mais curto por intermédio de prevenir a necessidade de cortar uma grande abertura em um sujeito ou um paciente para proporcionar acesso local para desempenhar e realizar um procedimento cirúrgico ou uma operação médica.

[058] Conforme é aqui usado, os termos “sujeito” ou “paciente” se referem ao recipiente de uma intervenção médica com o dispositivo. Em alguns aspectos, o paciente é um paciente humano. Em outros aspectos, o paciente é um animal de companhia, de esporte, doméstico ou um animal de pecuária.

[059] Conforme é aqui usado, os termos “acionador de polímero eletroativo iônico” se referem a um componente de um dispositivo médico compreendendo

um membro com uma fina camada de polímero eletrolítica no interior do qual os cátions migram em resposta a um campo elétrico imposto sobre um ou mais eletrodos dispostos sobre a superfície do membro eletrolítico de polímero. Conforme é aqui descrito, o “acionador de polímero eletroativo iônico” pode ser proporcionado na extremidade distal em uma porção dobrável de um dispositivo médico para ser responsável para mover ou seletivamente dobrar a extremidade distal do mesmo. Mais especificamente, e energização elétrica seletiva de um ou mais eletrodos faz com que membro ou os membros eletrolíticos de polímero deformem assimetricamente como um resultado da contração ao longo de um lado ou porção do membro eletrolítico de polímero e/ou o inchem ao longo de um lado ou porção do membro eletrolítico de polímero. Será aqui subentendido que cátions no interior do membro eletrolítico de polímero migrarão em um sentido a um eletrodo anodicamente energizado, e se afastarão a partir de um eletrodo energizado catodicamente, ao passo que permanecerá no interior da matriz do membro eletrolítico de polímero. Isto faz com que uma porção do membro eletrolítico de polímero adjacente a um eletrodo energizado anodicamente incha e uma porção do membro eletrolítico de polímero adjacente a um eletrodo energizado catodicamente contraia, desta forma fazendo com que o membro eletrolítico de polímero dobre. O controle coordenado de sinais elétricos liberados para os eletrodos através de fios eletricamente condutores produz a dobra do membro eletrolítico de polímero em uma direção intencionada ou em uma direção selecionada. Em um estado relaxado ou não energizado, o membro eletrolítico de polímero do acionador de polímero eletroativo iônico permanece na sua forma original.

[060] Conforme é aqui usado, o termo “membro eletrolítico de polímero” se refere a uma camada, membrana, haste ou um componente em qualquer formato ou forma compreendendo um polímero hospedeiro e um eletrólito (por exemplo, um solvente tal como água ou um líquido iônico). O polímero hospedeiro compreende, por exemplo, mas não como sendo algo limitante, flúor polímeros e polímeros intrinsecamente condutores. Por exemplo, o membro eletrolítico de polímero pode compreender um fluoreto de polivinilideno poroso ou um difluoreto de polivinilideno, um flúor polímero

termoplástico altamente não reativo produzido por intermédio da polimerização do di fluoreto de polivinilideno, e contendo líquido iônico ou água salgada. Alternativamente, o eletrólito de polímero pode compreender um gel formado por intermédio de fluoreto de polivinilideno ou di fluoreto de polivinilideno, carbonato de propileno e um líquido iônico.

[061] Conforme é aqui usado, o termo “fios eletricamente condutores” ou “condutos eletricamente condutores” se referem a um componente que conduz sinais elétricos a partir de uma fonte de eletricidade para um ou mais da pluralidade de eletrodos para afetar a dobragem do membro eletrolítico de polímero, e pode compreender um metal nobre para uma estabilidade química superior e resistência a corrosão. Por exemplo, mas não como sendo algo limitante, os fios ou condutos eletricamente condutores que liberam potência a eletrodos selecionados para acionar o membro eletrolítico de polímero podem compreender platina, uma liga de platina, prata ou uma liga de prata ou os mesmos podem compreender ouro ou uma liga de ouro a qual, adicionalmente a ser quimicamente estável e resistente a corrosão, é maleável e pode ser vantajosamente formada em fios ou condutos eletricamente condutores bastante delgados tendo uma resistência bastante baixa a dobra.

[062] Os parágrafos a seguir descrevem certas realizações de dispositivos médicos que podem ser usados para desempenhar e realizar, ou para permitir o desempenho de operações cirúrgicas usando os mesmos, e os métodos que podem ser usados para permitir a preparação de tais dispositivos médicos para tal fim. Será aqui subentendido que outras realizações de dispositivos médicos e de métodos se encontram dentro do escopo das reivindicações aqui abaixo anexas, e a ilustração de tais realizações não é algo limitante da presente invenção.

[063] A Figura 1A ilustra uma realização de um dispositivo médico, compreendendo uma vista isométrica de uma porção de um fio de guia 1. A Figura 1B é uma vista em perspectiva da porção de um fio de guia 1 da Figura 1A com a manga de polímero removida para revelar os detalhes dos componentes no seu interior. O fio de guia 1 compreende uma porção alongada, flexível 10 e uma porção dobrável 11 controlável

disposta na extremidade distal 100 da porção alongada, flexível 10. A porção alongada, flexível 10 adicionalmente compreende um núcleo 101 (refira-se, por exemplo, Figura 1B) e uma manga 102 envolvendo o núcleo 101. A porção dobrável 11 inclui um acionador de polímero eletroativo iônico 110 compreendendo um membro eletrolítico de polímero 111 disposto adjacente a e geralmente colinear ao núcleo 101 da porção alongada, flexível 100 e centralmente no interior de uma pluralidade de eletrodos energizáveis 112 conforme os mesmos são posicionados nas Figuras 1A e 1B. Cada um da pluralidade de eletrodos 112 que substancialmente se encontram ao redor da superfície externa 113 do membro eletrolítico de polímero 111 é conectada a uma extremidade distal 120 de uma pluralidade diferente daquela dos fios eletricamente condutores 12, através da qual um sinal elétrico ou potencial pode ser alimentado ao assim conectado eletrodo 112.

[064] Conforme é aqui mostrado na Figura 1A, a porção alongada, flexível 10 é extensível a partir de uma porção operável de um dispositivo médico o qual é proporcionado na extremidade proximal 103 de uma porção alongada, flexível 10 e disponibilizado para a manipulação por intermédio do operador (não mostrado). O núcleo 101 da porção alongada, flexível 10 é suficientemente Delgado para ser inserido em um lúmen (não mostrado) de um corpo (não mostrado) Também, o núcleo 101 é suficientemente flexível e substancialmente não compressível de forma axial de tal maneira que pode ser avançado através de um lúmen tendo uma trajetória sinuosa e tortuosa por intermédio de empurrar ou direcionar a porção alongada, flexível 10 em um sentido para frente depois que o mesmo é introduzido no lúmen do corpo (não mostrado). O núcleo 101 pode incluir qualquer material adequado, incluindo metais, ligas de metal, polímeros, ou os similares, ou combinações ou misturas dos mesmos. Alguns exemplos de metais e ligas de metal adequados incluem aço inoxidável, tal como aço inoxidável 304v; liga de níquel e titânio tal como Nitinol, liga de níquel e cromo, liga de níquel cromo e ferro, liga de cobalto, ou os similares; ou outros materiais adequados. O termo “Nitinol” aqui usado se refere a uma liga de metal de níquel e titânio. Todo o núcleo 1001 pode ser feito do mesmo material (por exemplo, Nitinol), ou em algumas realizações pode incluir

porções ou seções feitas de materiais diferentes. Em algumas realizações o material usado para construir o núcleo 101 é escolhido para comunicar características de flexibilidade e de rigidez para diferentes porções de eixo 101. Por exemplo, a porção proximal e a porção distal do núcleo 101 podem ser formadas de materiais diferentes (por exemplo, materiais tendo modulações de elasticidade diferentes) resultando em uma diferença de flexibilidade do núcleo 101 em localizações diferentes do mesmo. Em algumas realizações, o material usado para construir a porção proximal pode ser relativamente rígido por uma questão de empurrar e de torque (habilidade de torcer sem um armazenamento ou histerese significativo) desta porção do núcleo 101, e o material usado para construir a porção distal pode ser relativamente flexível em comparação a um melhor rastreamento e direcionamento da porção distal do núcleo 101. Por exemplo, a porção proximal do núcleo 101 pode ser formada com fios de aço inoxidável 304v retos, e a porção distal do núcleo 101 pode ser formada com fios de liga super elástica reta ou liga elástica linear (por exemplo, Nitinol. As Figuras 2A a 2F ilustram várias realizações da porção alongada, flexível 10. Em algumas realizações, o núcleo 101 tem uma seção transversal sólida (refira-se a Figura 2A, 2B, 2C e 2F). Na realização de núcleo sólido da FIG 2B, o núcleo 101 é um fio de núcleo metálico, compreendendo um material metálico sólido 104. O núcleo 101 que tem o material metálico sólido 104 pode ser acoplado a pelo menos um dos eletrodos 112 e funcionar como um conduto eletricamente condutor para conduzir sinais elétricos seletivamente enviados a partir de uma fonte de eletricidade para uma ou mais da pluralidade de eletrodos 112 para controlar a dobragem do membro eletrolítico de polímero 111, de tal maneira que o número de fios eletricamente condutores 12 fixado sobre a superfície externa 105 do núcleo 101 pode ser reduzida em conformidade, por exemplo, sendo reduzida a um fio eletricamente condutor 12 quando comparado com os dois fios eletricamente condutores 12 da Figura 2A. Em algumas realizações alternativas, o núcleo 101 pode ter uma seção transversal oca. Por exemplo, conforme é aqui mostrado nas Figuras 2D e 2E, um lúmen interno 106 é formado no interior do núcleo 101 ao longo de uma porção alongada, flexível 10 para receber os fios

eletricamente condutores 12.

[065] A manga de polímero 102 contorna o núcleo 101 e uma porção do acionador de polímero eletroativo iônico 110 para facilitar a ação de manobrar o fio de guia no interior de um lúmen ou passagem de corpo. A manga de polímero 102 compreende, por exemplo, um polímero tal como um polímero termoplástico ou um polímero termo curado. Por exemplo, a manga de polímero 102 pode compreender bloco amido de poliéter (Polyether Block Amide = PEBA), poliuretano, éster de poliéter, poliariletercetona (Polyaryletherketone = PAEK) ou polietileno de baixa densidade e os similares, ou copolímeros ou misturas ou combinações dos mesmos. Adicionalmente, a manga de polímero 102 pode compreender polímeros tais como poli amido, poli amido elastomérico, bloco poli amido/éteres, silicones, polietileno e os similares, ou misturas ou combinações ou copolímeros dos mesmos, ou com qualquer outro material aqui acima listado. Em uma realização preferida, a manga de polímero 102 compreende PEBAX® (disponível a partir de Arkema) ou politetrafluoretileno (PTFE) ou uma combinação dos mesmos para proporcionar propriedades poliméricas relativamente flexíveis para a manga 102. Outros materiais exemplares adequados para a manga de polímero 102 incluem náilon, polieteretercetona (PEEK), poliimida (PI), polieterimido (PEI), etileno propileno fluorado (FEP) e/ou resina de polímero perfluoralcoxi (PFA). Empregando-se uma cuidadosa seleção de materiais e de técnicas de processamento, variantes termoplásticas, solventes solúveis e termo curáveis dos mesmos e de outros materiais podem ser empregados para se conseguir os resultados desejados tais como flexibilidade, resistência a torção ou os similares.

[066] Adicionalmente, em algumas realizações, um revestimento, por exemplo, um lubrificante (por exemplo, hidrofílico) ou outro tipo de revestimento pode ser aplicado sobre uma porção ou sobre toda a manga de polímero 102, e/ou outras porções do fio de guia 1. Revestimentos hidrofóbicos tais como flúor polímeros proporciona uma lubrificação seca a qual intensifica o manuseio de fios de guia e trocas de dispositivos. Os revestimentos lubrificantes intensificam a dirigibilidade no interior de um lúmen ou

passagem corporal, e intensifica a capacidade de cruzar lesões no seu interior. Os polímeros lubrificantes adequados são bastante conhecidos na técnica e podem incluir polímeros hidrofílicos tais como óxidos de poliarilenos, polivinilapirrolidonos, alcoóis de poli vinila, hidroxí alquila celulósico, algins, sacarídeos, caprolactonas, e os similares e as misturas e combinações dos mesmos. Em uma realização preferida, a manga de polímero 102 é revestida com um polímero hidrofílico conforme é aqui acima discutido.

[067] Os fios eletricamente condutores 12 são conectados ao núcleo 101 usando qualquer técnica adequada (por exemplo, retentores mecânicos, parafusos ou braçadeiras, soldagem a laser, ligação ultrasônica e soldadura). Por exemplo, nas Figuras 2A e 2B, cada um dos fios eletricamente condutores 12 é disposto linearmente ao longo do comprimento da superfície externa 105 do núcleo 101. Alternativamente, cada uma da pluralidade de fios eletricamente condutores 12 é envolto de forma helicoidal ou entrelaçado ao redor da superfície externa 105 do núcleo 101 conforme é aqui mostrado na Figura 2C. Então, cada um dos fios eletricamente condutores 12 das Figuras 2A a Figura 2C é preso no que diz respeito a manga de polímero 102. Ao núcleo 101 e pelo menos a uma porção da extremidade proximal do acionador de polímero eletroativo iônico 110 (refira-se a Figura 1A). Em outras realizações, os fios eletricamente condutores 12 podem passar através do lume interno 106 da Figura 2D. Em ainda outra realização, uma pluralidade de ranhuras 107 conforme é aqui mostrado na Figura 2F, é formada para se estender linearmente ao longo da superfície externa 105 do núcleo 101, cada uma das ranhuras recebendo um dos fios eletricamente condutores 12 no seu interior, respectivamente. A manga de polímero 102 adicionalmente cobre e reveste as ranhuras 107 para incluir os fios eletricamente condutores 12 no seu interior.

[068] A Figura 3A e 3B ilustram a porção alongada, flexível 10 e a porção dobrável 11 do fio de guia 1 da Figura 1A de acordo com uma realização na qual uma extremidade afunilada 108 é proporcionada adjacente a extremidade distal 100 do núcleo 101 da porção alongada, flexível 10. O diâmetro do núcleo 101 inclui uma porção com diâmetro menor se estendendo a partir de uma transição para a extremidade distal

da mesma, uma porção de diâmetro maior se estendendo a partir da transição para a extremidade proximal da mesma (não mostrado), e a transição transaciona o diâmetro de núcleo 101 entre a porção de diâmetro maior para diâmetro menor ao longo de um dos afunilamentos ou etapas. Em algumas realizações, conforme é aqui mostrado nas Figuras 3A e 3B, o núcleo 101 envolto pela manga de polímero 102 tem uma seção afunilada 108 tendo uma geometria que diminui em uma área de seção transversal conforme a superfície do núcleo se torna mais próxima a extremidade distal 100 da alongada, e a seção transversal reduzida da porção com o diâmetro menor do núcleo 101 na extremidade distal 100 contata uma superfície da extremidade proximal 114 do acionador de polímero eletroativo iônico 110. A manga de polímero 102 é então formada por intermédio da extrusão de qualquer polímero adequado, conforme é aqui acima descrito, por sobre o núcleo 101 e a extremidade proximal 114 do acionador de polímero eletroativo iônico 110 para firmemente prendê-los juntos. Também, para ser firmemente interconectado, em outras realizações mostradas na Figura 3C, a porção de menor diâmetro se estendendo a partir da extremidade afunilada 108 a extremidade distal 100 do núcleo é embutida em uma abertura proporcionada, desta forma se estendendo em um sentido para dentro da extremidade proximal 114 do membro eletrolítico de polímero 111. Em algumas realizações, se afunilado, o núcleo 101 pode incluir uma transição uniforme ou não uniforme da porção afunilada 108, dependendo das características de transição desejada. Por exemplo, o perfil do diâmetro da superfície de transição da porção afunilada 108 do núcleo 101 pode ser linear, curvilínea, ou etapa por etapa, e pode incluir mais do que um tipo de transição ou mudança em diâmetro. O ângulo de qualquer uma de tais transições no que diz respeito a linha central do núcleo pode variar, dependendo das características de flexibilidade desejadas do núcleo 101. O comprimento da porção afunilada 108 pode ser selecionado para obter uma transição mais gradual (comprimento mais longo) ou menos gradual (comprimento mais curto) no que diz respeito a rigidez ao longo de seu comprimento no núcleo 101. A porção afunilada 108 do núcleo 101 pode ser afunilada ou formatada por qualquer um de um número de técnicas conhecidas na técnica, por

exemplo, por intermédio de moagem cilíndrica (por exemplo, moagem do diâmetro do lado de fora ou moagem sem centralização), mas o método de afunilamento não é limitado a isso.

[069] A Figura 4A é uma vista isométrica de uma porção de extremidade da porção dobrável 11 da realização do fio de guia 1 da Figura 1A e 1B, ilustrando a porção dobrável 11 no modo reto. A porção dobrável 11 inclui um acionador de polímero eletroativo iônico 110 compreendendo um membro eletrolítico de polímero similar a uma haste 111 disposto adjacente a extremidade distal 100 da porção alongada, flexível 10 das Figuras 3A a 3C e centralmente a uma pluralidade de eletrodos energizáveis 112 distribuídos de uma forma angular sobre a circunferência do mesmo, por exemplo, a superfície externa 113. Cada um da pluralidade de eletrodos 112 que são posicionados para circundar a superfície externa 113 do membro eletrolítico de polímero 11 é conectada a uma extremidade distal 120 de um fio eletricamente condutor 12 através do qual um sinal elétrico ou potencial é seletivamente alimentado ao eletrodo 112 ali conectado, e espaçado, um a partir do outro, por intermédio de um espaçamento formado por uma porção da superfície externa 113 do membro eletrolítico de polímero 111. Em uma realização, o acionador de polímero eletroativo iônico 110 pode compreender uma pluralidade de eletrodos 112 distribuídos de forma angular e distribuídos de forma equiangular em torno da superfície externa 113 do membro eletrolítico de polímero 111. Por exemplo, mas ao de uma forma limitante, o acionador de polímero eletroativo iônico 110, na realização da Figura 4 A, compreende o membro eletrolítico de polímero 11 e quatro eletrodos 112 distribuídos de forma angular que são separados e espaçados ao longo da superfície externa 113 do membro eletrolítico de polímero 111, um a partir do outro por cerca de 90 graus (1.571 radianos) entre os seus centros ou suas linhas centrais 116. Como outro exemplo, mas não de uma forma limitante, o acionador de polímero eletroativo iônico 110 pode compreender oito eletrodos 112 distribuídos de uma forma angular que são separados ao longo da superfície externa 113 do membro eletrolítico de polímero 111, entre as suas linhas centrais, por cerca de 45 graus (0.785 radianos). Em ainda outro

exemplo, o acionador de polímero eletroativo iônico 110 pode compreender três eletrodos 112 distribuídos de uma forma angular que são separados ao longo da superfície externa 113 do membro eletrolítico de polímero 111, entre as suas linhas centrais, um a partir do outro, por cerca de 120 graus (2.094 radianos). Deverá ser aqui subentendido que cada um da pluralidade de eletrodos 112 ocupa uma extensão circunferencial ao longo da superfície do membro eletrolítico de polímero e que a “separação angular” pode, portanto, ser declarada em termos das linhas centrais dos eletrodos ao invés de em termos das bordas adjacentes dos eletrodos, as quais serão muito mais próximas da borda adjacente do eletrodo adjacente. Em algumas realizações do dispositivo médico, os eletrodos são espaçados de uma maneira a proporcionar um espaçamento substancial como canais de isolamento intermediários a eletrodos adjacentes.

[070] Em uma realização, o acionador de polímero eletroativo iônico 110 da Figura 4A é um acionador de material composto de polímero-metal iônico (IPMC) . Em uma realização, o acionador de polímero eletroativo iônico 110 compreende um membro eletrolítico de polímero 111 feito de PVDF-HFP que é impregnado com EMITF (como um eletrólito). Alternativamente, outras realizações do acionador de polímero eletroativo iônico 110 do fio eletricamente condutor pode incluir um membro eletrolítico de polímero 111 que compreende um ionômero per fluorado tal como Aciplex™ (disponível a partir da Asahi Kasei Chemical Corp. of Tokyo, Japão), Flemion® (disponível a partir da AGC Chemical Americas, Inc. of Exton, Pennsylvania, EUA), Fumapem® F-series (disponível a partir da Fumatech BWT GmbH, Bietigheim-Bissingen, República Federal da Alemanha) ou Nafion® (disponível a partir da The Chemours Company of Wilmington, Delaware, EUA.).

[071] Em uma realização do dispositivo médico, os eletrodos 112 podem compreender um dos materiais tais como platina, ouro, materiais à base de carbono ou uma combinação dos mesmos. O material à base de carbono pode compreender, por exemplo, mas não é limitado a carbono derivado de carboneto (CDC), nanotubos de carbono (CNT), grafeno, um material composto de carbono derivado de

carboneto e o membro eletrolítico de polímero 111, e um material composto de nanotubo de carbono e do membro eletrolítico de polímero 111. Em realização exemplar, os eletrodos 112 têm uma camada dupla compreendendo: uma camada compreendendo um material composto de carbono (CDC e/ou CNT) e PVDF-HFP/EMITF e uma camada de ouro. Os eletrodos 112 são integrados sobre a superfície externa 113 do membro eletrolítico de polímero 111 usando qualquer técnica adequada. Por exemplo, mas não de uma forma limitante, os eletrodos de metal 112 podem ser depositados (por exemplo, eletrodos de platina ou de ouro), sobre a mesma usando um processo eletroquímico. Alternativamente, os eletrodos com camada dupla 112 podem ser preparados e integrados sobre a superfície externa 113 por intermédio das seguintes etapas: pulverizar uma camada de material à base de carbono sobre a superfície externa 113, revestir por pulverização uma camada de ouro sobre a camada de material à base de carbono, seguido de integrar a camada de material à base de carbono e a camada de ouro usando um processo de refluxo. O detalhe do processo de refluxo é discutido no Pedido de Patente PCT No. PCT/US17/16513, o qual é aqui totalmente incorporado por referência em sua totalidade.

[072] A porção dobrável 11 é capaz de ser se deformada seletivamente e de forma controlada até um modo de dobragem por intermédio da energização seletiva de uma ou mais da pluralidade de eletrodos 112, conforme será aqui abaixo explicado em detalhes adicionais. A Figura 4B é uma vista isométrica da porção da porção dobrável 11 da Figura 4A no modo se deformado ou dobrado. Cada um da pluralidade de eletrodos 112 é conectada a uma extremidade distal 120 do fio eletricamente condutor 12 (FIG. 1B), através do qual um sinal elétrico pode ser aplicado ao eletrodo 112 no qual o fio 12 é conectado, desta forma fazendo com que os cátions de metal no interior do membro de polímero eletrolítica 111 movam em uma direção determinada por intermédio da presença de um potencial elétrico catódico ou anódico seletivamente aplicado a uns indivíduos dos eletrodos 112. Esta migração de cátions produzida por intermédio do potencial elétrico aplicado faz com que o membro eletrolítico

de polímero 111 inche na porção do membro eletrolítico de polímero 111 disposto próximo a um eletrodo alimentado com o potencial anódico e resultando em dobrar ou se deformar na direção da porção ainda não inchada do membro eletrolítico de polímero 111. Como um resultado, a magnitude e a direção da se deformação dobrável do membro eletrolítico de polímero 111 do acionador de polímero eletroativo iônico 110 pode ser controlada por intermédio de selecionar estrategicamente os eletrodos 112 para energizar e por intermédio da magnitude e sinal (+ ou -) do potencial elétrico aplicado através do fio eletricamente condutor 12 aqueles eletrodos 112.

[073] Alternativamente, no evento de que a porção dobrável 11 é observada como estando em um modo se deformado na ausência da aplicação de um ou mais potenciais elétricos a uma ou mais da pluralidade de eletrodos 112, a magnitude da deflexão observada pode ser determinada por intermédio da identificação dos potenciais elétricos diferentes impostos sobre alguns fios diferentes dos fios como um resultado da dobragem, e equalizar esses potenciais até a extensão de dobragem da porção dobrável 11 a partir de um estado livre até um estado dobrado por intermédio da imposição dos potenciais eletricamente formados de uma fonte de voltagem, para determinar a magnitude e a direção de uma força externa sendo aplicada a porção dobrável 11 ou, alternativamente, no evento de que a aplicação de um potencial conhecido sobre os eletrodos 112 falhe em produzir uma se deformação antecipada da porção dobrável 11, a diferença entre a se deformação antecipada e a se deformação real (se alguma) pode ser usada como um indicador da magnitude de uma força externa aplicada a porção dobrável 11 do fio de guia 1.

[074] A Figura 4C é uma vista de seção transversal da porção dobrável 11 das Figuras 4A e 4B ilustrando uma realização que um primeiro conjunto selecionado de quatro sinais elétricos é aplicado a quatro eletrodos 112 circunferencialmente distribuídos em torno da superfície externa 113 do membro de polímero eletrolítica 111 para proporcionar dois graus de liberdade (por exemplo, dobragem ao longo da direção X-eixo e/ou da direção Y-eixo). A Figura 4C ilustra a carga

(sinal) do potencial elétrico aplicado a pluralidade de eletrodos 112 distribuídos de forma angular para comunicar a dobragem da porção dobrável 11 na direção da seta 2. Será aqui subentendido que a aplicação de um potencial positivo sobre os eletrodos 112 sobre o lado esquerdo e lado direito da porção dobrável 11 da Figura 4C, em adição a aplicação de um potencial positivo ao eletrodo 112 na parte superior da Figura 4C e ainda mais em adição a aplicação de um potencial negativo ao eletrodo 112 na parte inferior da Figura 4C, resultará em uma quantidade diferente de se deformação que ocorreria como um resultado da aplicação de apenas um potencial positivo sobre o eletrodo 112 na parte superior da Figura 4C e um potencial negativo comunicado aos eletrodos 112 remanescentes. Será aqui subentendido que o usuário pode selecionar a pluralidade de sinais elétricos que produz a se deformação desejada por intermédio do usuário.

[075] A Figura 4D é uma vista de seção transversal da porção dobrável 11 das Figuras 4A e 4B revelando outra realização na qual um segundo conjunto selecionado de quatro potenciais elétricos é aplicado a eletrodos 112 circunferencialmente distribuídos dispostos em torno da camada de polímero eletrolítica 111. A Figura 4D ilustra a aplicação de um potencial positivo ao eletrodo 112 na parte superior da porção dobrável 11 da Figura 4D e também ao eletrodo 112 no lado direito da porção dobrável 11 da Figura 4D, e a Figura 4D adicionalmente ilustra a aplicação de um potencial negativo ao eletrodo 112 na parte inferior da Figura 4D e também ao eletrodo 112 no lado esquerdo da Figura 4D. A se deformação do membro eletrolítico de polímero 111 a qual resulta a partir da aplicação desses potenciais elétricos está na direção da seta 3.

[076] Será aqui subentendido a partir das Figuras 4C e 4D que a porção dobrável 11 do fio de guia 1 pode ser dobrada em múltiplas direções e com vários graus de se deformação ou deflexão por intermédio do controle estratégico das cargas elétricas comunicadas a cada um dos eletrodos individuais 112. Embora a realização ilustrada nas Figuras 4A a 4D ilustre uma porção dobrável 11 incluindo quatro eletrodos 112, será aqui subentendido que a porção dobrável 11 da parte de acionamento 100 do fio de guia 1 pode incluir menos do que quatro ou mais do que quatro eletrodos 112, e tais

outras realizações terão capacidades direcionais de deflexão e de se deformação diferentes e, assim sendo, proporciona mais ou menos graus de liberdade.

[077] A Figura 5 é uma vista isométrica da porção dobrável 11 do fio de guia 1 de acordo com outra realização ilustrando o acionador de polímero eletroativo iônico 110a onde dois eletrodos circunferencialmente distribuídos são respectivamente dispostos em torno da superfície externa 113a do membro eletrolítico de polímero 111a similar a uma haste, para proporcionar um grau de liberdade no movimento de dobragem (por exemplo, para cima ou para baixo). Um eletrodo superior 112a é disposto em torno da parte de cima da superfície externa 113 do membro eletrolítico de polímero 111a similar a uma haste e um eletrodo inferior 112a' é disposto simetricamente em torno da parte de baixo da superfície externa 113a. Conforme é aqui acima descrito, por exemplo, a porção de cima do membro eletrolítico de polímero 111a adjacente ao eletrodo superior 112a energizado contrairá (considerando a aplicação de um potencial positivo ao eletrodo superior 112a da Figura 5), ao passo que a porção debaixo do membro eletrolítico de polímero 111a adjacente ao eletrodo inferior 112a' energizado inchará (considerando a aplicação de um potencial negativo ao eletrodo inferior 112a'), desta forma fazendo com que o membro eletrolítico de polímero 111a dobre na direção da seta 4.

[078] A Figura 6A ilustra outra realização de um dispositivo médico, compreendendo uma vista isométrica de uma porção de um fio de guia 1. A Figura 6B é uma vista isométrica do fio de guia da Figura 6A com uma manga de polímero sobreposta mostrada em fantasma (como uma transparência) na Figura 6B para revelar os detalhes dos componentes no seu interior. Os detalhes relacionados à porção alongada, flexível 10 e aos componentes da mesma podem ser entendidos por intermédio da referência aos parágrafos aqui acima mencionados. Comparado as realizações aqui acima descritas, o acionador de polímero eletroativo iônico 110b do fio de guia 1 da Figura 6A e 6B é aqui proporcionado com um formato em seção transversal diferente. Por exemplo, mas não de uma forma limitante, em uma realização, a Figura 6C é uma vista isométrica da porção dobrável 11 do fio de guia 1 da Figura 6A e 6B ilustrando um acionador de polímero

eletroativo iônico retangular em seção transversal, ou mais especificamente um acionador de polímero eletroativo iônico 110b com uma “estrutura de sanduíche” com dois eletrodos circunferencialmente distribuídos, um eletrodo superior 112b e um eletrodo inferior 112b’, os quais são respectivamente dispostos em torno da superfície externa de cima e de baixo 113b em seção retangular do membro eletrolítico de polímero 111b para formar uma estrutura de “sanduíche”. O acionador de polímero eletroativo iônico 110b com uma “estrutura de sanduíche” pode ser preparado por intermédio de qualquer técnica adequada. Por exemplo, mas não de uma forma limitante, os eletrodos 112b, 112b’ podem ser fabricados por fundição dos mesmos e então montados com o membro eletrolítico de polímero retangular 111b usando pressão a calor sem uma adicional e precisa/exata micro maquinação, desta forma sem espaçamento, algo que formaria canais de isolamento permanecendo entre eletrodos adjacentes e questões de circuito aberto concomitantes, algo que resultaria a partir de tal processamento. Similarmente, o acionador de polímero eletroativo iônico 110b pode dobrar conforme é aqui descrito na Figura 5 para proporcionar um grau de liberdade no movimento de dobragem (por exemplo, para cima e para baixo na direção do eixo-Y) quando o eletrodo superior 112b e o eletrodo inferior 112b’ são energizados com um potencial elétrico de sinal oposto ou de potencial oposto + e -.

[079] Os fios eletricamente condutores 12 são interconectados com os eletrodos 112 usando qualquer técnica adequada. Por exemplo, na realização das Figuras 3B e 3C, os fios eletricamente condutores 12 são interconectados com pelo menos uma porção de cada um dos eletrodos 112 (por exemplo, sendo integrados e embutidos) na extremidade proximal 114 do acionador eletrolítico de polímero e iônico 110 usando uma pasta condutora ou soldagem a laser. Então, a manga de polímero 102 é sobreposta sobre o núcleo 101, uma porção da extremidade proximal 114 e os fios eletricamente condutores 12 são ali conectados, para prendê-los firmemente juntos.

[080] A Figura 7A ilustra uma vista lateral em corte da porção alongada, flexível 10 e da porção dobrável 11 do fio de guia de acordo com outra realização. Aqui, uma ponte condutora 13 é formada sobre a superfície da extremidade

proximal 114 do acionador de polímero eletroativo iônico 110 para ter uma interface com os eletrodos 112 e com o membro eletrolítico de polímero 111 e para facilitar a transmissão de sinais elétricos entre os mesmos. O fio eletricamente condutor 12 é interconectado com a superfície externa 105 do núcleo 101 a partir da extremidade proximal 103 (refira-se a Figura 1A) a extremidade distal 100 e uma porção da extremidade afunilada 108 da porção alongada, flexível 10. A porção do núcleo com diâmetro reduzido 101 se estendendo a partir da porção afunilada para a extremidade distal 100 da mesma, e assim sendo a extremidade distal 120 do fio eletricamente condutor 12, é embutida em uma abertura proporcionada no membro eletrolítico de polímero 111 e onde a ponte condutora 113 se estende em um sentido para dentro da abertura na qual o diâmetro reduzido se estende, uma área maior de contato entre a ponte condutora 113 e o fio 12 pode ser conseguida. A ponta da extremidade distal 100 da porção com diâmetro reduzido pode ser espaçada a partir da extremidade terminal da abertura no membro eletrolítico de polímero conforme é aqui mostrado na Figura 7A e na Figura 7B, ou pode ser aterrado contra a mesma. A ponte condutora 113 pode ser preparada por intermédio da aplicação de qualquer folha ou fita condutora feita de materiais metálicos (por exemplo, ouro, prata ou cobre) ou de materiais não metálicos compreendendo polímeros condutores por sobre a superfície dos eletrodos 112 e do membro eletrolítico de polímero 111 usando quaisquer técnicas adequadas (por exemplo, usando adesivos, revestimento, chapeamento/folheamento, gravura ou depósito, mas não sendo limitado a isto). Então, conforme é aqui mostrado na Figura 7B, a manga de polímero 102 (mostrado em fantasma (como uma transparência)) sobrepondo o núcleo 101 e uma porção da extremidade proximal 114 do acionador de polímero eletroativo iônico 110 e os fios eletricamente condutores 12 ali conectados, firmemente prendem e retém os mesmos juntos.

[081] A Figura 8A ilustra uma vista lateral em corte da porção alongada, flexível 10 e da porção dobrável 11 do fio de guia 1 tendo geralmente a mesma configuração que é mostrada na, e aqui descrita no que diz respeito a Figura 2D de acordo com uma realização. A Figura 8B ilustra uma vista lateral em corte da porção dobrável 11

da Figura 8A. Um lúmen interno 106 é formado no interior do núcleo 101 sobre o comprimento da porção alongada, flexível 10 e um lúmen correspondente se estende na porção do membro eletrolítico de polímero 11 na extremidade proximal 114 do mesmo. Na Figura 8B, pontes condutoras individuais 13 a são mostradas proporcionadas na extremidade distal 115 do acionador de polímero eletroativo iônico 110 para conectar eletricamente juntos os eletrodos 112 e o membro eletrolítico de polímero 111 com os fios eletricamente condutores passando através do lúmen interno 106 e embutidos no membro eletrolítico de polímero 111 a partir da extremidade proximal 114 para a extremidade distal 115 do mesmo, desta forma eletricamente conectando as pontes condutoras 13 a usando técnicas de ligação de fios convencionais tais como soldagem, crimpagem, grampeamento, beliscar, soldadura, adesivo condutor (por exemplo, usando epóxi condutiva), e os similares.

[082] Com referência outra vez as Figuras 6A e 6B, o acionador de polímero eletroativo iônico 110b com uma “estrutura de sanduíche” pode ser preparado por intermédio do seguinte método exemplar. O membro eletrolítico de polímero 111b é fabricado por intermédio de primeiramente dissolver uma resina flúor polimérica (por exemplo, poli(vinilideno fluoreto-co-hexafluorpropileno (P(VDF-HFP))) em um solvente apropriado como acetona, dimetilacetamido (DMAc) ou os similares. A formulação de PVDF-HFP obtida é então lançada sobre um substrato de politetrafluoretileno (PTFE) usando um método de lâmina de médico e curada a uma temperatura ambiente. Adicionalmente, a película de PVDF-HFP é seca sob vácuo a 80 C para remover solvente residual. Finalmente a película de PVDF-HFP é pressionada a calor entre duas placas de PTFE e recozida a 200 – 240 C por 2 horas. Depois do resfriamento até uma temperatura ambiente, a película de PVDF-HFP é descascada a partir do substrato de PTFE. A espessura final da película é de cerca de 50 – 60 um. A seguir, a película de polímero é impregnada com eletrólito líquido apropriado tal como 1-etila-3-metilimidazolium tetrafluorborato (EMI-BF₄), 1-etila-3-metilimidazolium bis(trifluorometilasulfonila)imido (EMIMTFSI), ou 1-etila-3-metilimidazolium trifluorometanosulfonato (EMITf) a 60-90 °C por

pelo menos 12 horas.

[083] Então, o eletrodo superior 112b e o eletrodo inferior 112b' são respectivamente dispostos em torno da parte de cima e da parte de baixo da superfície externa 113b do membro eletrolítico de polímero 111b obtido de acordo com a seguinte realização exemplar. O material composto de polímero de carbono usado para o eletrodo superior 112b e eletrodo inferior 112b' em camadas é fabricado por intermédio da preparação de uma dispersão contendo um material de carbono condutor desejado, PVDF-HFP e líquido iônico em um solvente (por exemplo, dimetila acetamido (DMAc)). O material de carbono condutor aqui usado pode ser carbono derivado de carboneto (CDC), nanotubos de carbono, aero gel de carbono, grafeno ou outro alótropo de carbono ou uma combinação dos mesmos. A mistura de polímero de carbono é misturada em uma temperatura elevada por 4 horas para se conseguir uma dispersão homogênea. Então, a dispersão é tratada com um banho ultrassônico e uma sonda ultrassônica por 4 horas. Daí por diante, a dispersão de carbono obtida é lançada sobre um substrato de PTFE usando um método de lâmina de dourador e é seca em temperatura ambiente por pelo menos 14 horas. Depois disto, a película é seca sob vácuo a 80 C por 5 horas. Finalmente, a película de material composto de polímero de carbono é pressionada a calor a 200 – 240 °C por 10 a 30 minutos.

[084] A condutividade elétrica da película de material composto de polímero de carbono é freqüentemente inadequada para proporcionar um desempenho eletro mecânico apropriado para o acionador de polímero eletroativo iônico 110b devido ao tipo de material de carbono usado. Assim sendo, em algumas realizações, uma fina folha de ouro com uma espessura de 100-150 nm pode ser revestida sobre a película de material composto de polímero de carbono para funcionar e servir como um coletor de corrente condutiva e aumentar a condutividade elétrica do eletrodo. Alternativamente, em outras realizações, a película de material composto de polímero de carbono pode ser revestida com uma dispersão de nano partículas de ouro usando um processo de revestimento pulverizado para formar o eletrodo superior 112b e o eletrodo inferior 112b'.

[085] Finalmente, o membro eletrolítico de polímero 111b obtido, o eletrodo superior 112b e o eletrodo inferior 112b' são montados usando pressão a calor a 200 – 240 C por 2 – 8 minutos, dependendo do tipo de material de carbono e configuração de eletrodo usado, para formar o acionador de polímero eletroativo iônico laminado com “estrutura de sanduíche” 110b. Em algumas realizações, a espessura total do acionador de polímero eletroativo iônico é de cerca de 90 – 110 um. Para ser usado na porção dobrável 11 do fio de guia 1, em uma realização, o acionador de polímero eletroativo iônico 110b pode ser cortado em uma faixa com 300 nm de largura com um comprimento de 12 mm.

[086] Um processo para a fabricação de um fio de guia mostrado nas Figuras 6A e 6B é ilustrado conforme é aqui mostrado nas Figuras 9 a 11. As Figuras 9A a 9C ilustram esquematicamente a integração do acionador de polímero eletroativo iônico 110b e a porção do núcleo 100 com largura reduzida distal para a porção afunilada 108 na extremidade distal 100 do núcleo 101 da porção alongada e flexível 10. A Figura 9A é uma vista explodida mostrando um núcleo 101 e um acionador de polímero eletroativo iônico 110 do fio de guia mostrado nas Figuras 6A e 6B. A Figura 9B é uma vista isométrica do núcleo 101 e do acionador de polímero eletroativo iônico 110 do fio de guia mostrado nas Figuras 6A e 6B montados sobre o núcleo 101. A Figura 9C é uma vista em perspectiva da Figura 9B com uma seção do acionador de polímero eletroativo iônico 110 mostrada em fantasma (como uma transparência) para melhor revelar os detalhes dos componentes no seu interior. Conforme é mostrado na Figura 9A, um eletrodo superior 112b e um eletrodo inferior 112b' são respectivamente dispostos em torno da parte de cima e da parte de baixo da superfície externa 113b do membro eletrolítico de polímero retangular 111b, em uma seção retangular da porção do núcleo com largura reduzida se estendendo de uma forma distal da porção afunilada 108 do núcleo 101. Nas Figuras 9B e 9C, a porção com largura reduzida e uma porção da porção afunilada 108 do núcleo são então impressadas entre dois membros eletrolítico de polímero 11b usando qualquer técnica adequada (por exemplo, pressão a calor, refluxo ou algo similar) para formar uma estrutura

laminada de “sanduíche”.

[087] As Figuras 10A a 10D esquematicamente ilustram a conexão dos fios eletricamente condutores 12 aos eletrodos 112b, 112b' do acionador de polímero eletroativo iônico 110b e o núcleo 101 da porção alongada, flexível 10. A Figura 10A é uma vista em perspectiva de um núcleo, de um acionador de polímero eletroativo iônico e dos fios eletricamente condutores de um fio de guia de acordo com uma realização. A Figura 10B é uma vista lateral da Figura 10A. a Figura 10C é uma vista em perspectiva da Figura 10A com o acionador de polímero eletroativo iônico mostrado em fantasma (como uma transparência) para melhor revelar os detalhes dos componentes no seu interior. Aqui, os fios eletricamente condutores 12 mostrados nas Figuras 10A a 10D são enrolados sobre o núcleo 101 a partir da extremidade proximal 103 para a extremidade distal 100 do mesmo, e então a extremidade distal 120 de cada um dos fios eletricamente condutores 12 é interconectada a uma superfície de apenas um dos eletrodos 112b, 112b' usando qualquer técnica de conexão adequada (por exemplo, pasta condutiva ou soldagem a laser). Em algumas realizações, a porção do núcleo distal com diâmetro reduzido 101 da porção afunilada 108 é adicionalmente embutida na extremidade distal 115 do acionador de polímero eletroativo iônico 110b para ser mais bem segura ali, conforme é aqui mostrado nas Figuras 10C e 10D.

[088] As Figuras 11A a 11E ilustram esquematicamente a integração da manga de polímero 102 sobre o núcleo 101, a extremidade proximal 114b do acionador de polímero eletroativo iônico 110b e os fios eletricamente condutores 12. A Figura 11A é uma vista isométrica de uma porção alongada, flexível 10 e uma porção dobrável 11 de um fio de guia de acordo com uma realização, na qual a porção alongada, flexível 10 compreende um núcleo 101 (refira-se as Figuras 11C e 11D) e uma manga de polímero 102 envolvendo o núcleo 101 ao passo que a porção dobrável 11b inclui um acionador de polímero eletroativo iônico 110b conforme é aqui acima descrito (refira-se aos exemplos das Figuras 9 – 10). A Figura 11B é uma vista lateral da Figura 11A. A Figura 11C é uma vista isométrica da Figura 11A com uma seção de uma manga de polímero

mostrada em fantasma (como uma transparência) para melhor revelar os detalhes dos componentes no seu interior. A Figura 11D é uma vista lateral da Figura 11A com uma seção de uma manga de polímero indicada em linha sólidas para melhor revelar os detalhes dos componentes no seu interior. A Figura 11E é uma vista lateral da Figura 11A com uma seção de uma manga de polímero e um acionador de polímero eletroativo iônico mostrado em fantasma (como uma transparência) para melhor revelar os detalhes dos componentes no seu interior. Conforme é aqui mostrado nas Figuras 11A a 11E, a manga de polímero 102 é adicionalmente proporcionado para contornar o núcleo 101, uma porção (por exemplo, a extremidade proximal 114) do acionador de polímero eletroativo iônico 110b e os fios eletricamente condutores 12 sobre os mesmos para facilitar a ação de manobra do fio de guia. A manga de polímero 102 pode ser formada por intermédio da extrusão de qualquer polímero adequado conforme é aqui descrito por sobre o núcleo 101 e a extremidade proximal 114b do acionador de polímero eletroativo iônico 110b para firmemente prender os mesmos conjuntamente. Então, um revestimento de parileno (não mostrado) pode ser adicionalmente aplicado a superfície externa do fio de guia integrado resultante 1 para proporcionar a umidade e proteção de barreira dielétrica final. O revestimento de parileno também ajuda a proporcionar bio compatibilidade e uma excelente lubrificação sobre todo o comprimento do fio de guia 1.

[089] Deve ser aqui notado e observado que, várias modificações ou alterações podem ser feitas nas realizações exemplares aqui acima descritas da invenção, sem partir a partir das características técnicas da invenção conforme é aqui definido nas reivindicações anexas.

Reivindicações

1. Dispositivo médico caracterizado pelo fato que compreende:

uma porção alongada e flexível (10) tendo uma extremidade distal (100) e uma extremidade proximal (105), um membro externo (103) tendo uma superfície externa (113) contínua sobre a sua circunferência e comprimento e uma superfície interna, e um membro interno (101) tendo uma superfície externa (113) contínua sobre sua circunferência e comprimento e uma superfície interna;

pelo menos um acionador de polímero eletroativo iônico (110), o acionador compreendendo:

pelo menos uma camada de eletrólito de polímero (111) fixada adjacente a extremidade distal (100) da porção alongada e flexível (10); e

uma pluralidade de eletrodos (112) distribuídos de uma forma circunferencial acerca da pelo menos uma camada de eletrólito de polímero (111); e

uma pluralidade de fios eletricamente condutores (12), cada um tendo uma extremidade proximal (105) disposta adjacente a extremidade proximal (105) da porção alongada e flexível (10) e uma extremidade distal (100) acoplada a pelo menos um da pluralidade de eletrodos (112) em que o fio se estende no interior da porção alongada e flexível (10) entre a superfície externa do membro externo (103) e a superfície interna do membro interno (101);

em que a pelo menos uma camada de eletrólito de polímero (111) deforma assimetricamente em resposta a aplicação de um sinal elétrico através do pelo menos um da pluralidade de fios eletricamente condutores (12) a pelo menos um da pluralidade de eletrodos (112).

2. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato que cada um da pluralidade de eletrodos (112) compreende um de platina, de ouro, de carbono, ou uma combinação de dois ou mais de platina, ouro e de carbono.

3. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato que cada um da pluralidade de eletrodos (112) compreende um carbono derivado

de carboneto, um nanotubo de carbono, grafeno, um compósito de carbono derivado de carboneto e ionômero, ou um compósito de nano tubo de carbono e ionômero.

4. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato que a pluralidade de eletrodos (112) é distribuída de uma forma circunferencial acerca da pelo menos uma camada de eletrólito de polímero (111) por intermédio de ângulos iguais acerca dos seus centros circunferenciais.

5. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato que os fios se estendem no interior da porção alongada e flexível (10) entre a superfície interna do membro externo (103) e a superfície externa do membro interno (101).

6. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato que o membro interno (101) e a pelo menos uma camada de eletrólito de polímero (111) adicionalmente formam um orifício, e a camada de eletrólito de polímero (111) é fixada adjacente a extremidade distal (100) do membro interno (101) com o orifício da camada de eletrólito de polímero (111) alinhada com o orifício do membro interno (101).

7. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato que cada um dos fios eletricamente condutores (12) é eletricamente isolado, um a partir do outro.

8. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato que o membro externo (103) compreende uma pluralidade de lumens embutidos no interior do membro externo (103), cada um dos lumens tendo um espaço interior se estendendo longitudinalmente ao longo do membro externo (103) através do qual cada um da pluralidade de fios eletricamente condutores (12) passa.

9. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato que cada um da pluralidade de fios eletricamente condutores (12) adicionalmente compreende um revestimento de isolamento revestindo os mesmos.

10. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato que adicionalmente compreende pelo menos um fio enrolado de uma forma

helicoidal ou entrelaçada em torno do membro interno (101) entre a extremidade proximal (105) e a extremidade distal (100).

11. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato que adicionalmente compreende um membro de isolamento circundando o pelo menos um fio.

12. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato que adicionalmente compreende um controlador elétrico proporcionado na extremidade proximal (105) da porção alongada e flexível (10) e eletricamente conectado aos fios eletricamente condutores (12), o controlador elétrico configurado para seletivamente controlar a carga elétrica sobre os fios eletricamente condutores (12) e assim transmitido à pluralidade de eletrodos (112) para manipular o pelo menos um acionador de polímero eletro ativo iônico do dispositivo médico.

13. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato que adicionalmente compreende um controlador mestre tendo um controle manipulável para selecionar a carga elétrica sobre o pelo menos um acionador de polímero eletro ativo iônico e desta forma proporcionar o pelo menos um grau de liberdade de flexibilidade do membro alongado e flexível.

14. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato que adicionalmente compreende um conjunto de acionamento configurado para mover o dispositivo médico longitudinalmente, o conjunto de acionamento incluindo:

um primeiro membro de acionamento rotativo com uma superfície aderente;

um segundo membro de acionamento rotativo adjacente com uma superfície aderente disposta próxima a superfície aderente do primeiro membro de acionamento rotativo; e

pelo menos um motor eletricamente energizado acoplado para rotar/girar de uma forma controlada pelo menos um dos: primeiro membro de acionamento rotativo e segundo membro de acionamento rotativo;

em que o dispositivo médico é disposto intermediário a, e engatado por intermédio da superfície aderente do primeiro membro de acionamento rotativo e a superfície aderente do segundo membro de acionamento rotativo de tal maneira que, a rotação de um dos primeiro membro de acionamento rotativo e segundo membro de acionamento rotativo move o dispositivo médio de uma forma axial.

15. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato que a rotação no sentido horário do primeiro membro de acionamento rotativo e a rotação no sentido anti-horário do membro de acionamento rotativo adjacente move o dispositivo medico em uma primeira direção; e a rotação no sentido anti-horário do primeiro membro de acionamento rotativo e a rotação no sentido horário do segundo membro de acionamento rotativo adjacente move o dispositivo médico em uma segunda direção oposto a primeira direção.

16. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato que adicionalmente compreende um controlador mestre tendo um membro de controle manipulável para inserir um sinal de controle de flexão para o controlador elétrico para ajustar a carga sobre o pelo menos um acionador de polímero eletro ativo iônico para proporcionar pelo menos um grau de liberdade de flexibilidade através do controlador elétrico, e para inserir sinais de controle de avanço e de retração para o conjunto de acionamento para proporcionar um grau de liberdade de translação.

17. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato que adicionalmente compreende um estojo que inclui:

uma primeira porção tendo uma porção interior vedada que contem o primeiro membro de acionamento rotativo, o segundo membro de acionamento rotativo, um portal proximal através do qual o dispositivo médico passa, um portal distal através do qual o dispositivo médico passa, e uma cavidade interior para armazenar os enrolamentos do dispositivo medido; e

uma segunda porção suportando o motor.

18. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 17, caracterizado

pelo fato que a segunda porção do estojo e a primeira porção do estojo são adaptadas para serem acopladas, uma a outra, para operacionalmente engatar o motor com pelo menos um dos: primeiro membro rotativo e segundo membro rotativo.

19. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato que adicionalmente compreende um membro sensor eletricamente conectado a pluralidade de eletrodos (112) para detectar/identificar mudanças no sinal elétrico de cada um da pluralidade de eletrodos (112).

20. Dispositivo médico de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato que adicionalmente compreende:

um transmissor acoplado ao controlador mestre configurado para transmitir um sinal correspondendo a manipulação do controlador mestre; e

um receptor eletricamente conectado ao conjunto de acionamento e ao controlador elétrico configurado para receber o sinal transmitido por intermédio do transmissor para o conjunto de acionamento, ou para o controlador elétrico, ou para o conjunto de acionamento e o controlador elétrico para corresponder a manipulação do controlador mestre.

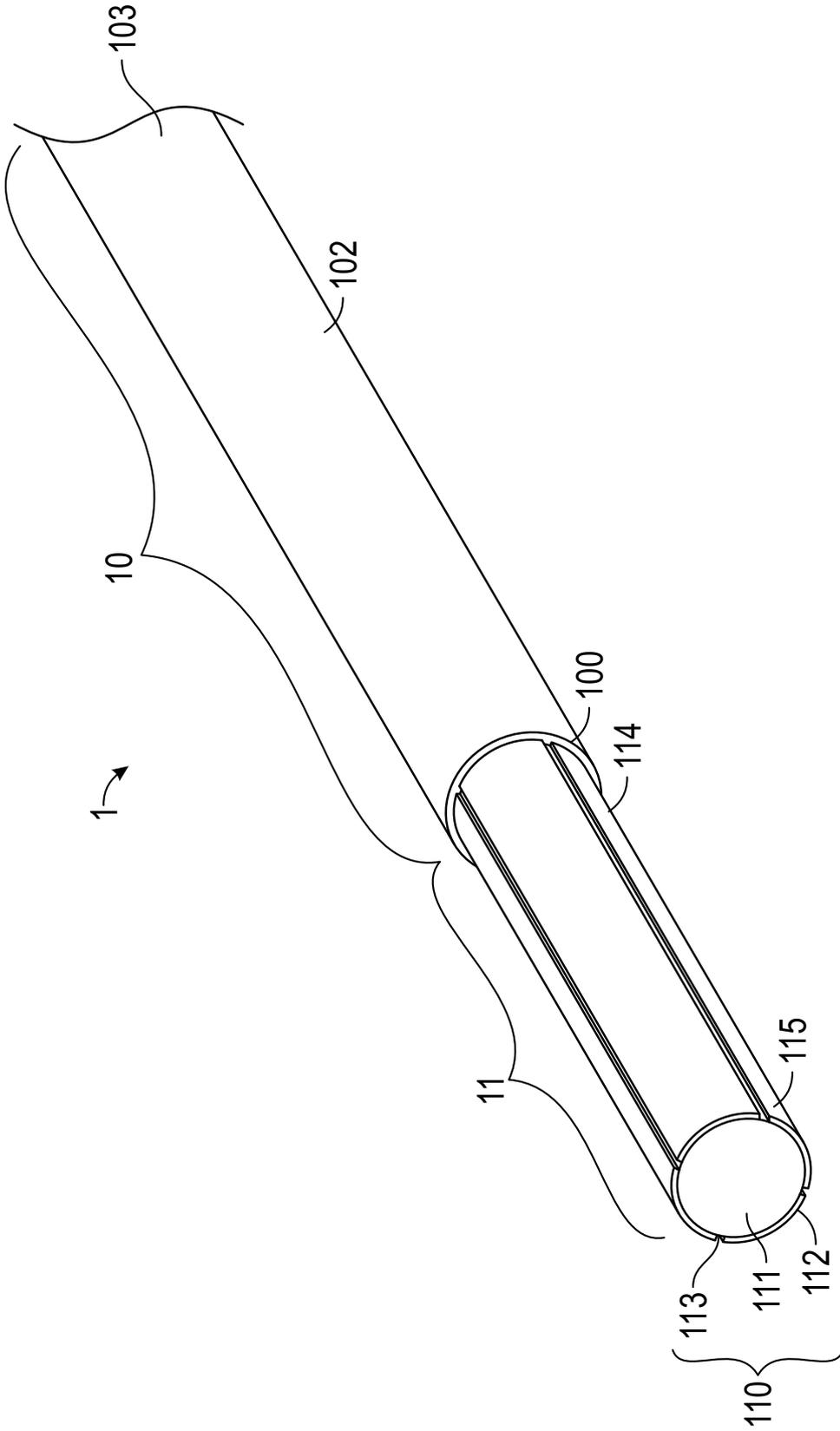


FIG. 1A

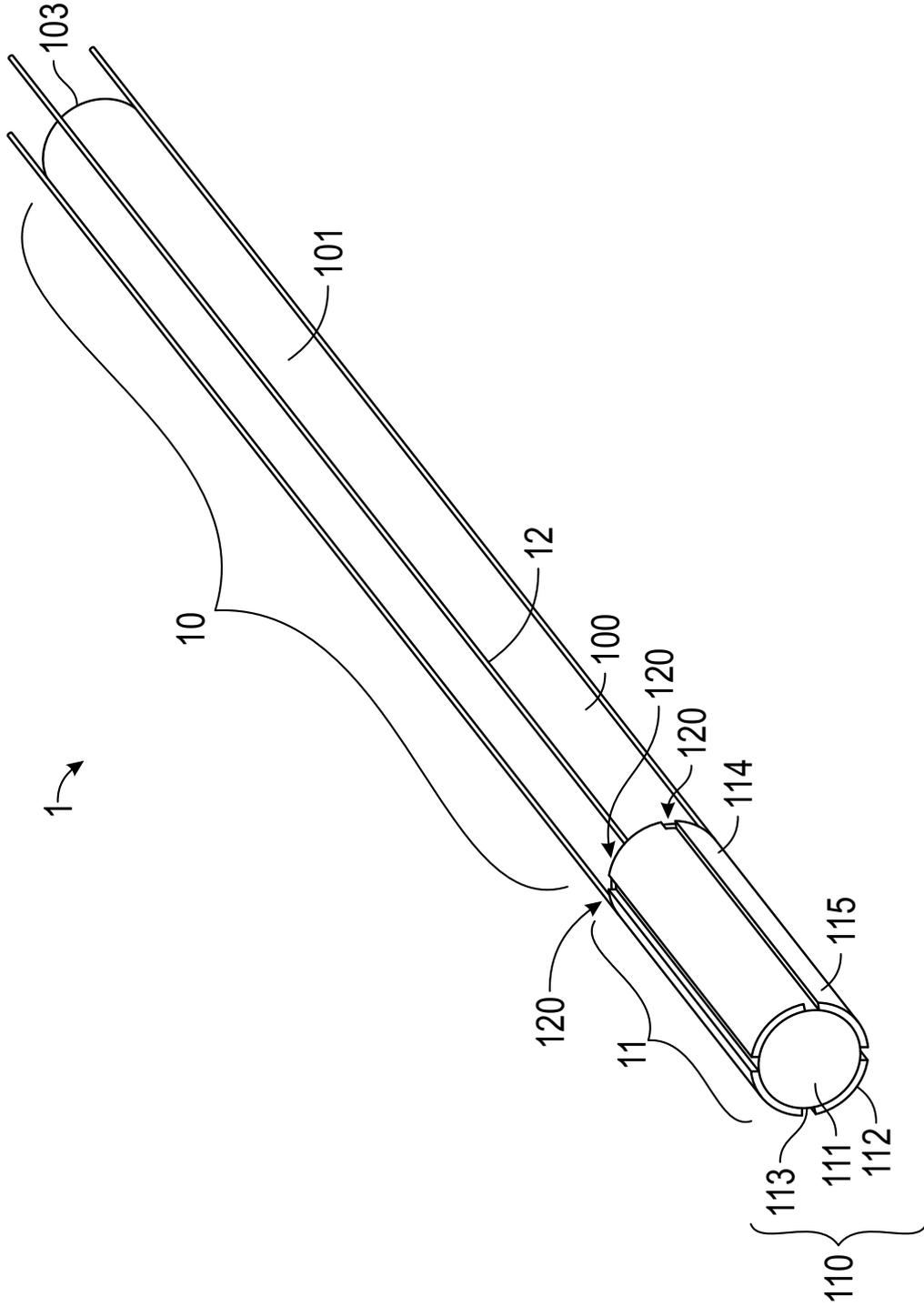


FIG. 1B

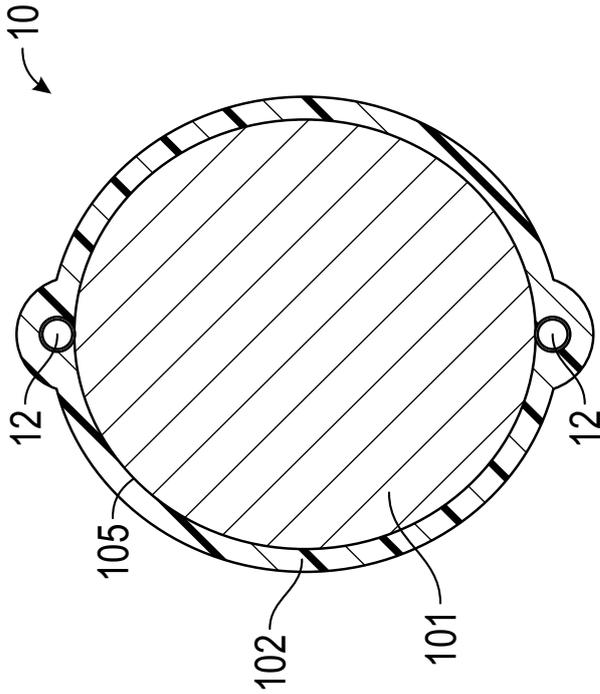
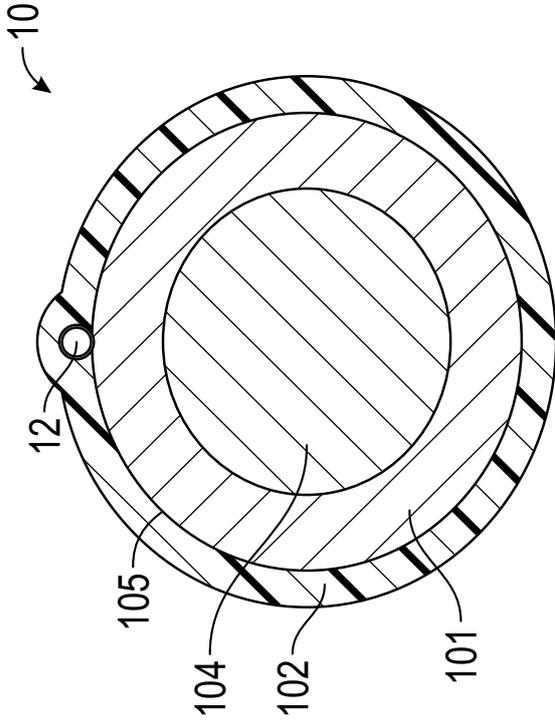


FIG. 2A

FIG. 2B

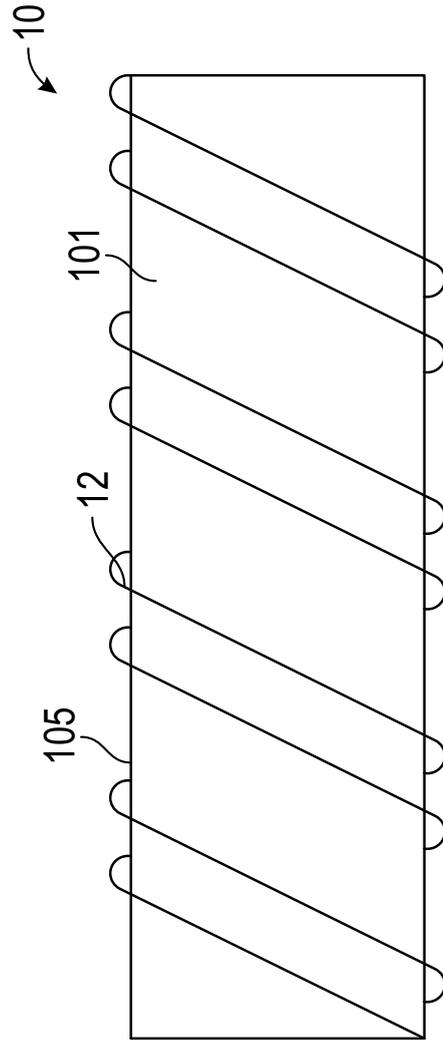


FIG. 2C

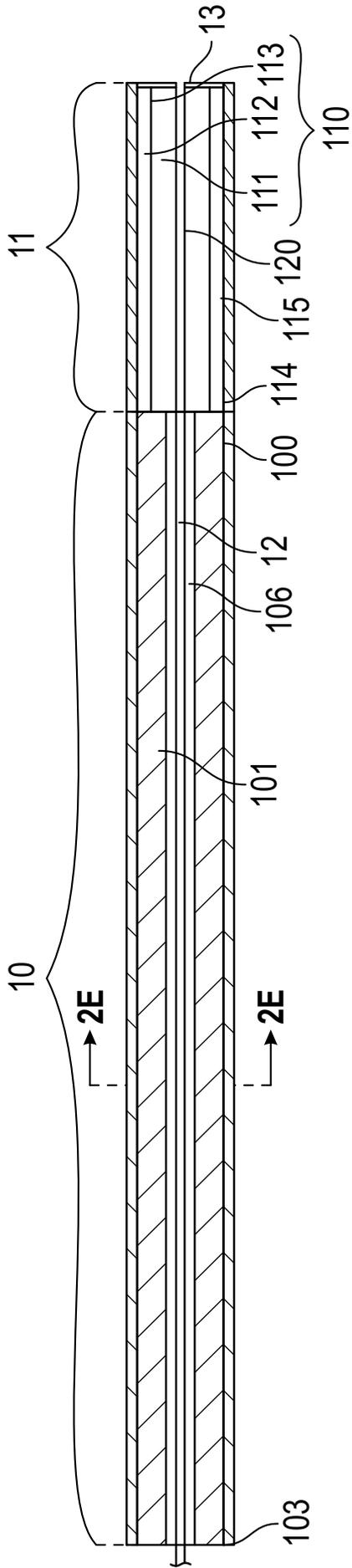


FIG. 2D

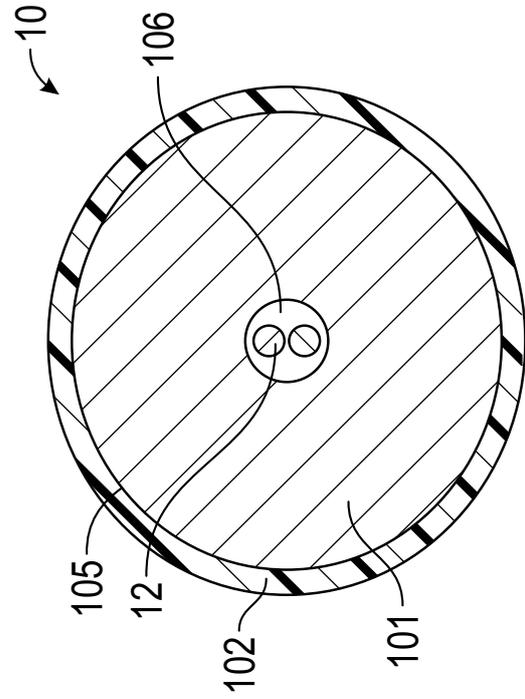


FIG. 2E

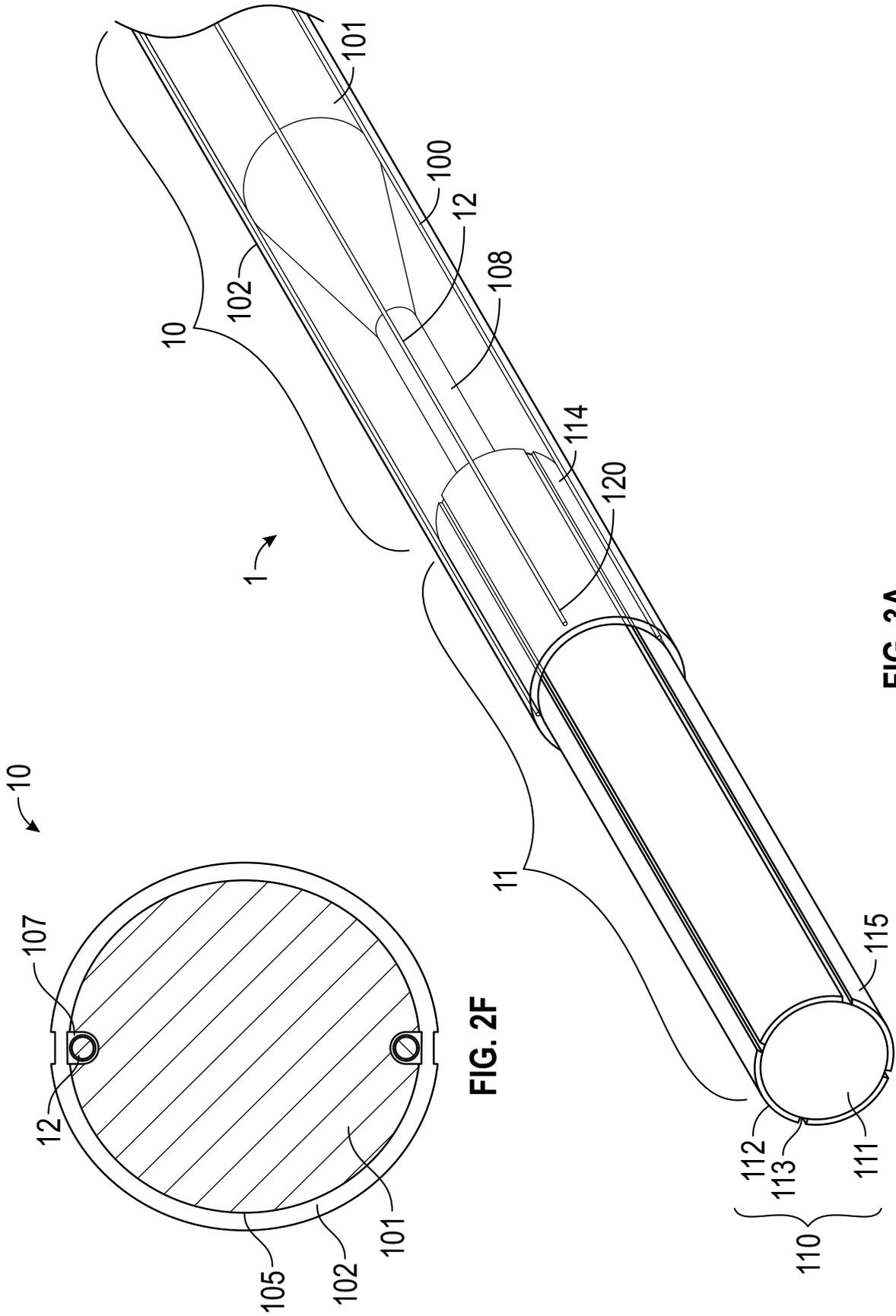


FIG. 3A

FIG. 2F

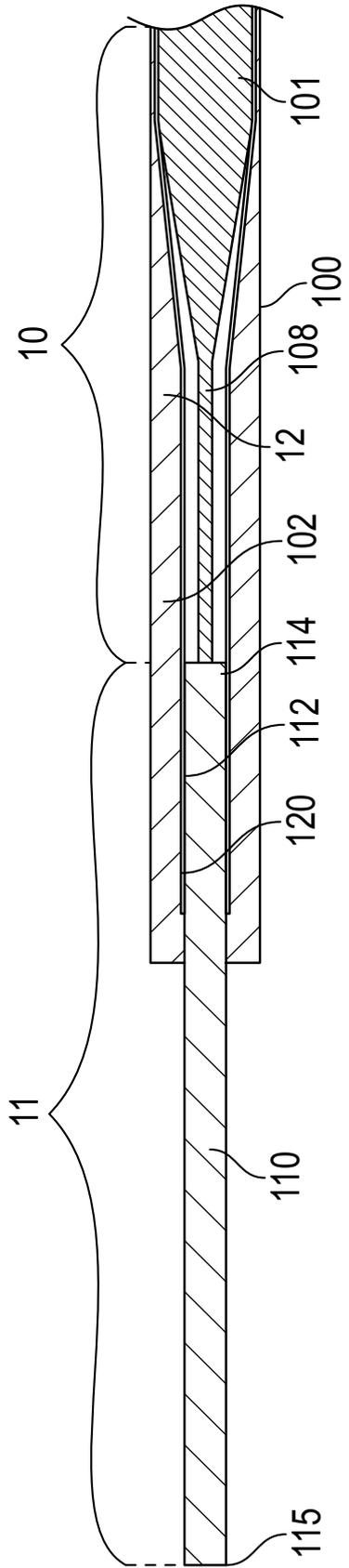


FIG. 3B

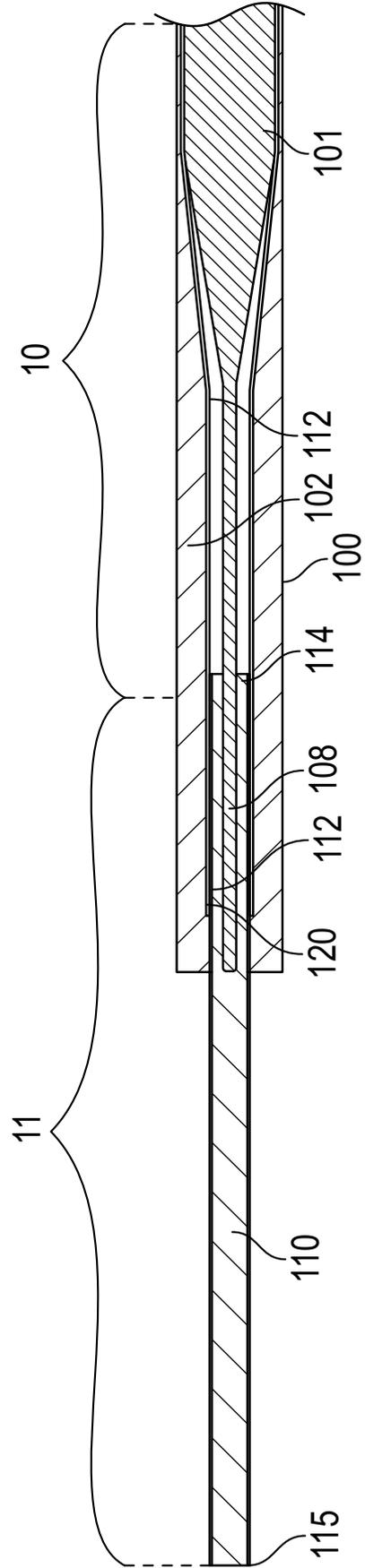


FIG. 3C

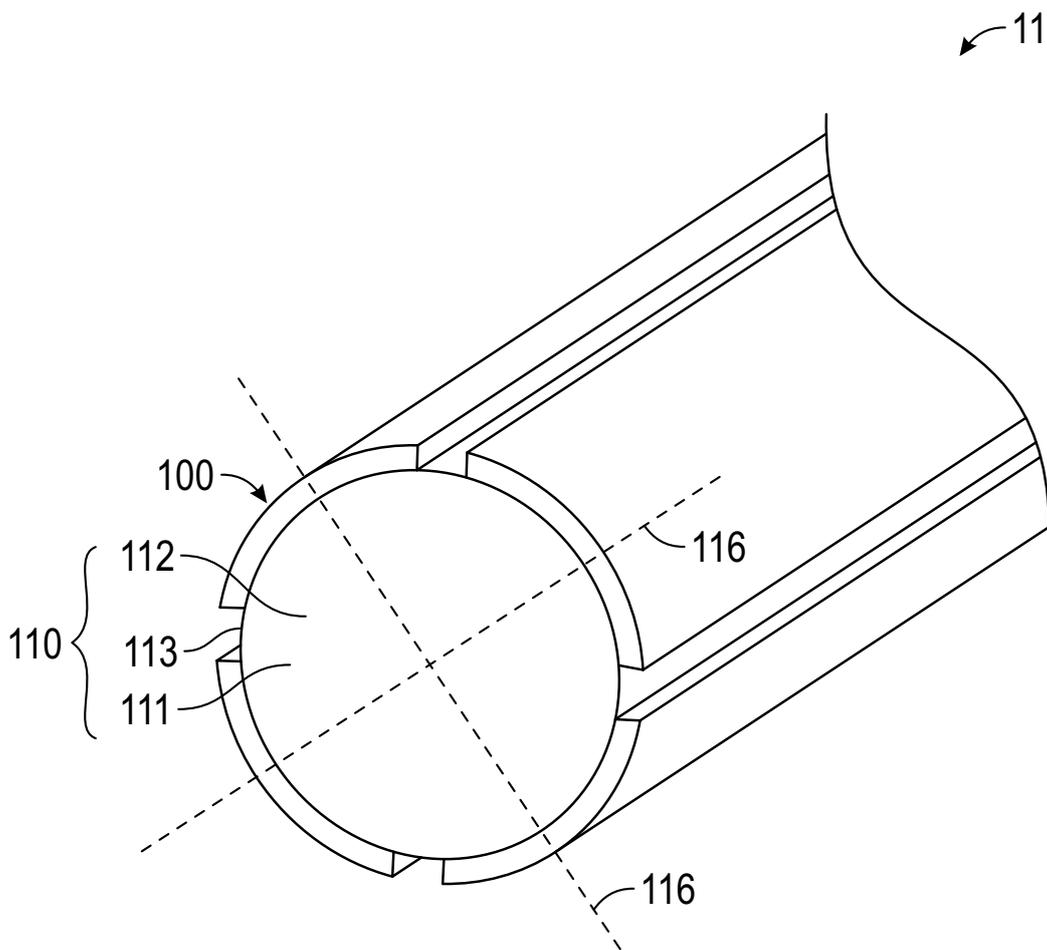


FIG. 4A

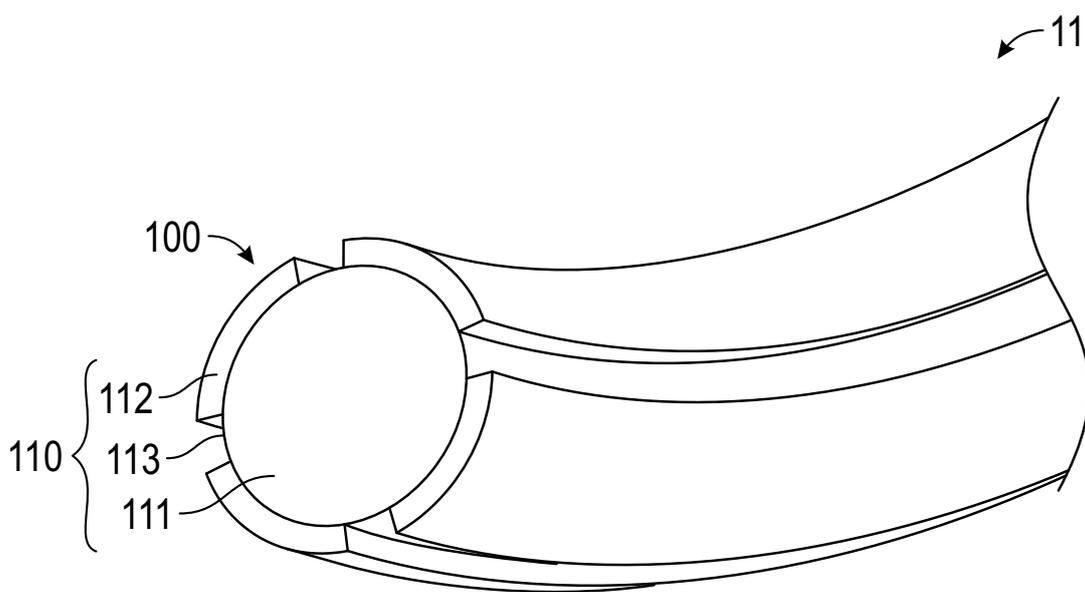


FIG. 4B

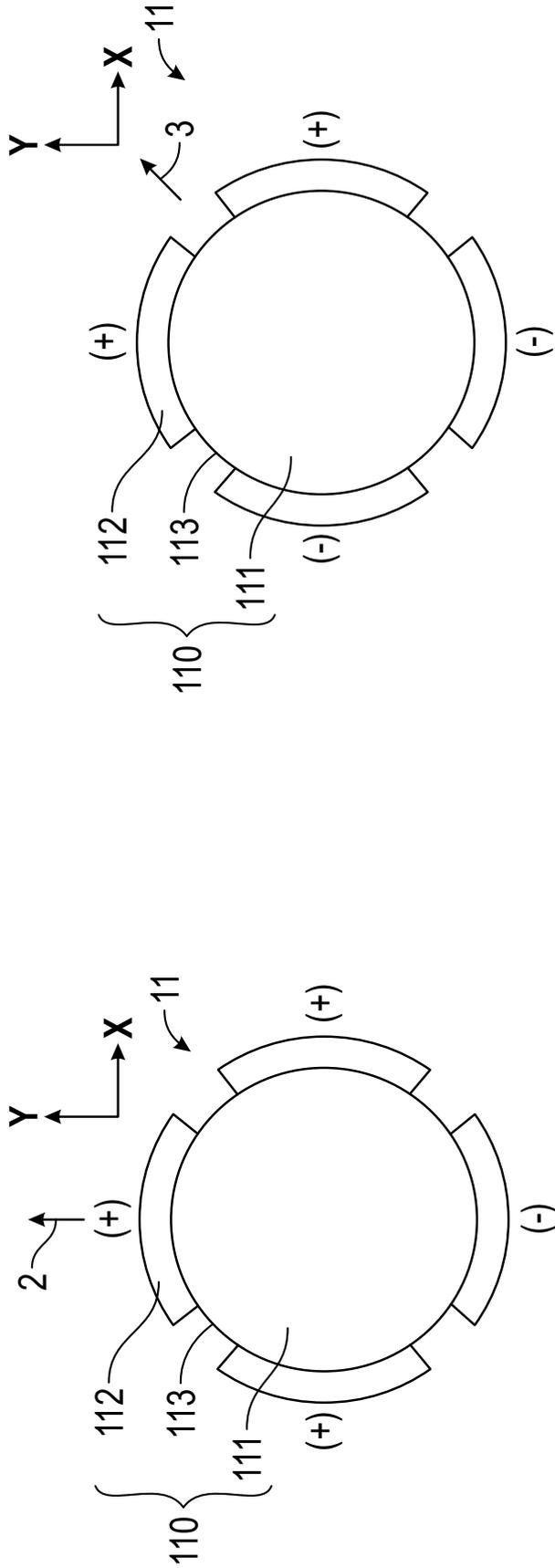


FIG. 4C

FIG. 4D

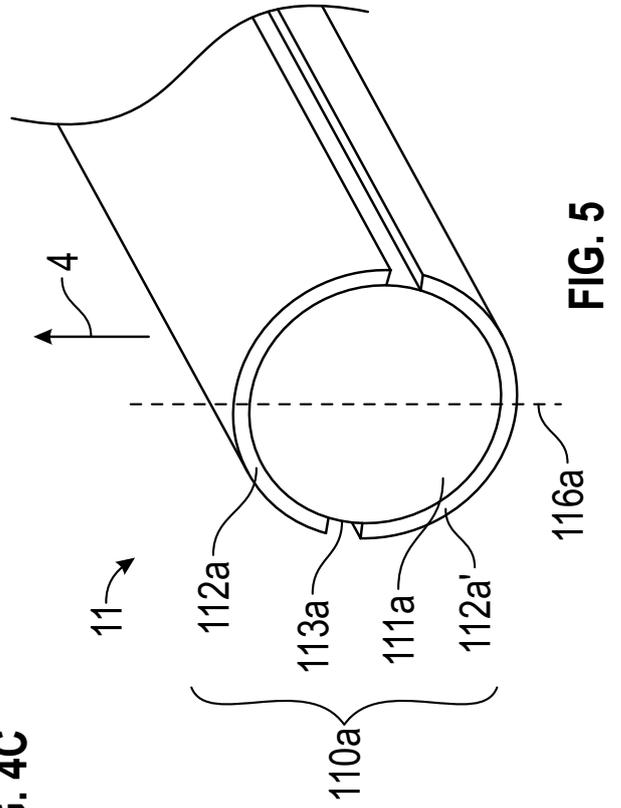


FIG. 5

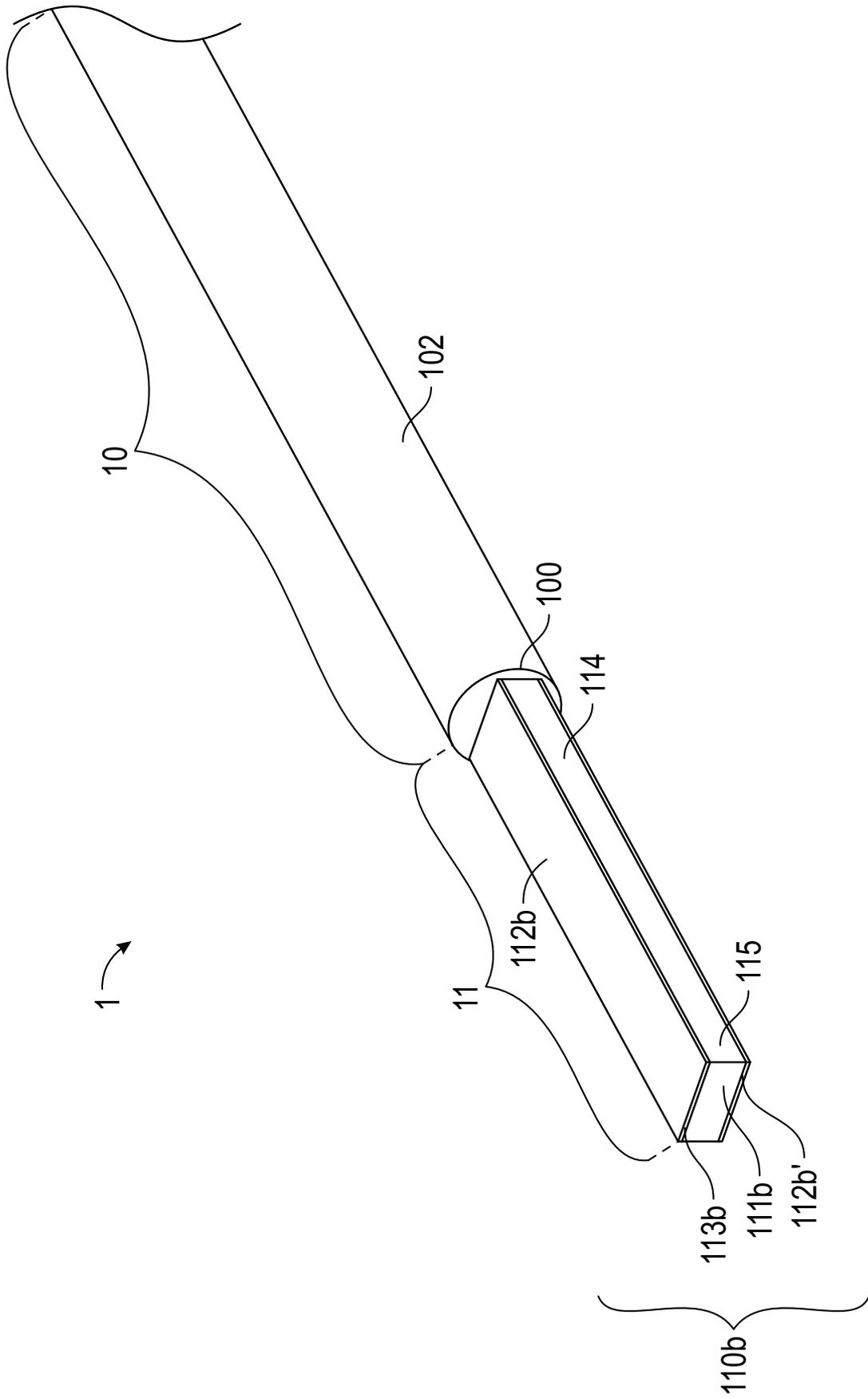


FIG. 6A

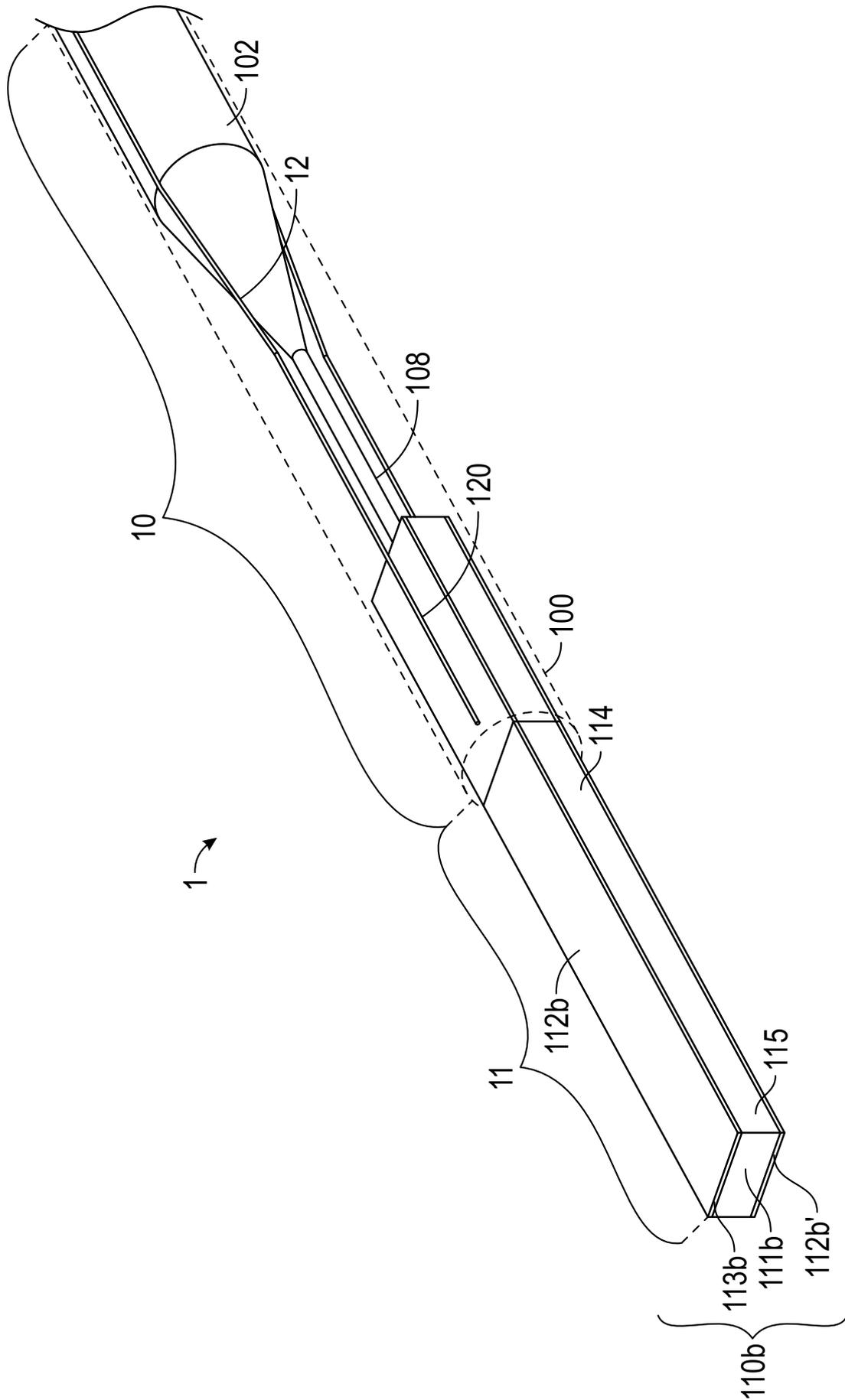


FIG. 6B

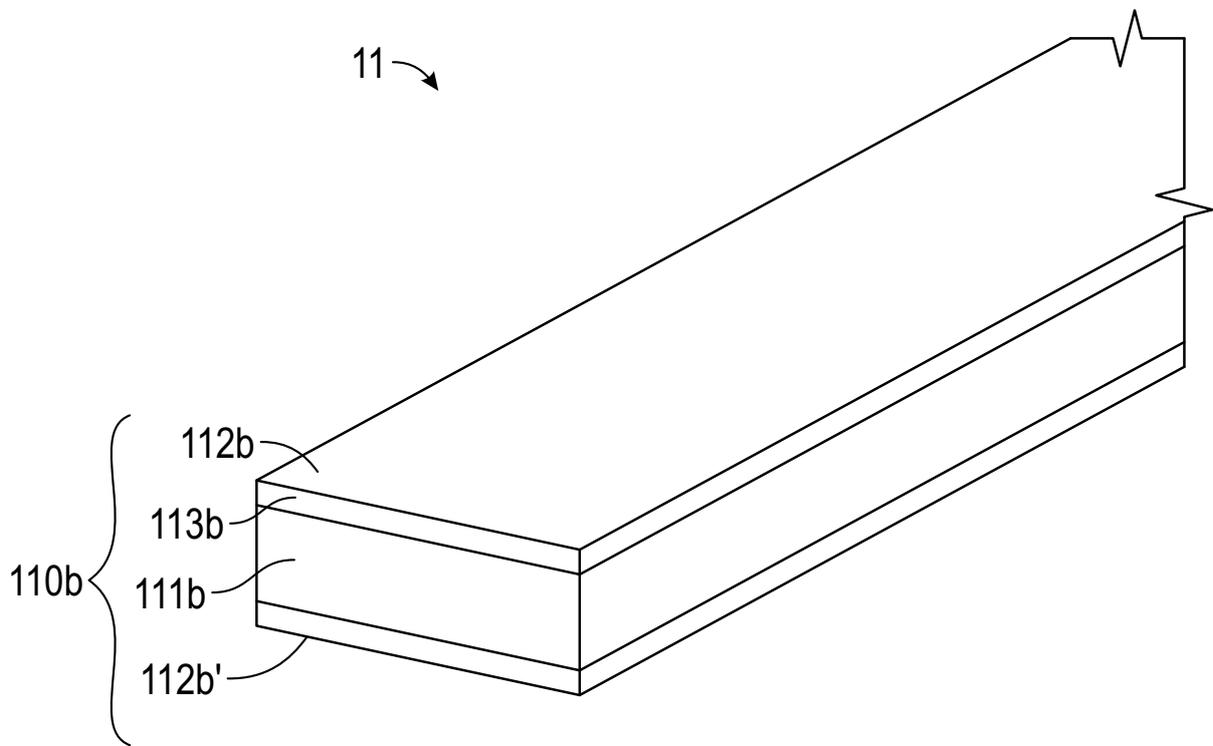


FIG. 6C

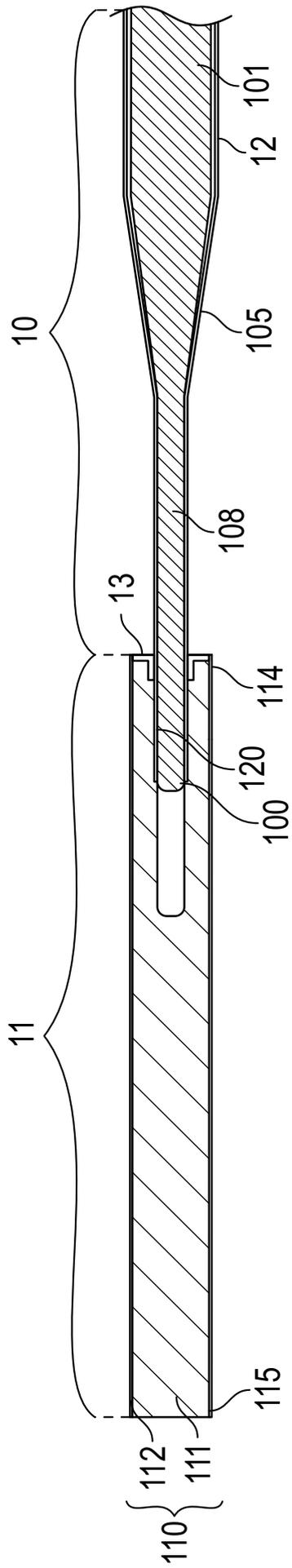


FIG. 7A

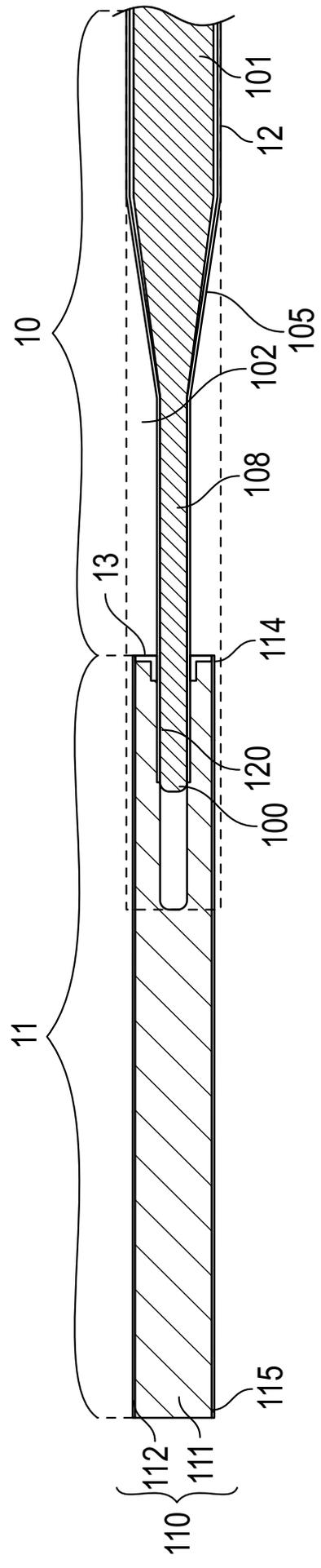


FIG. 7B

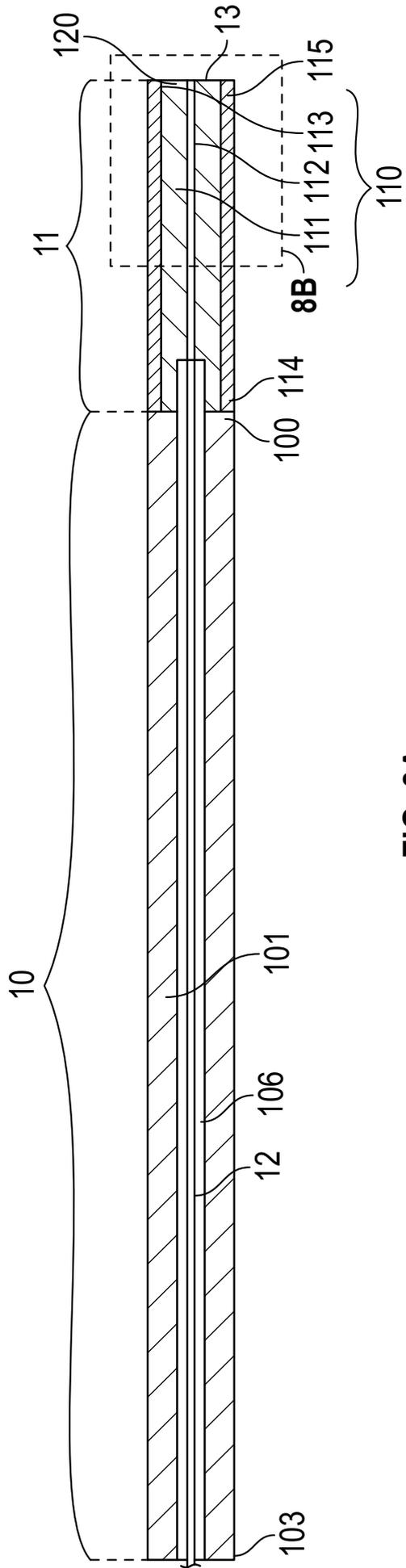


FIG. 8A

13/19

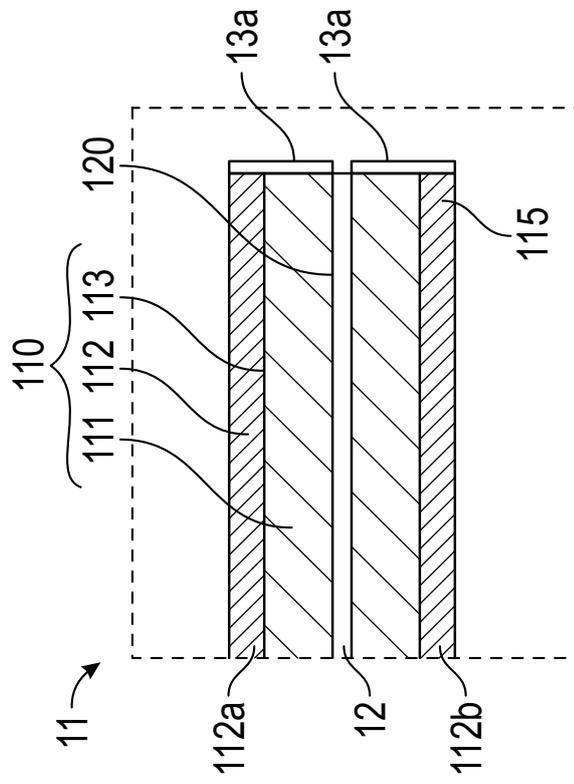


FIG. 8B

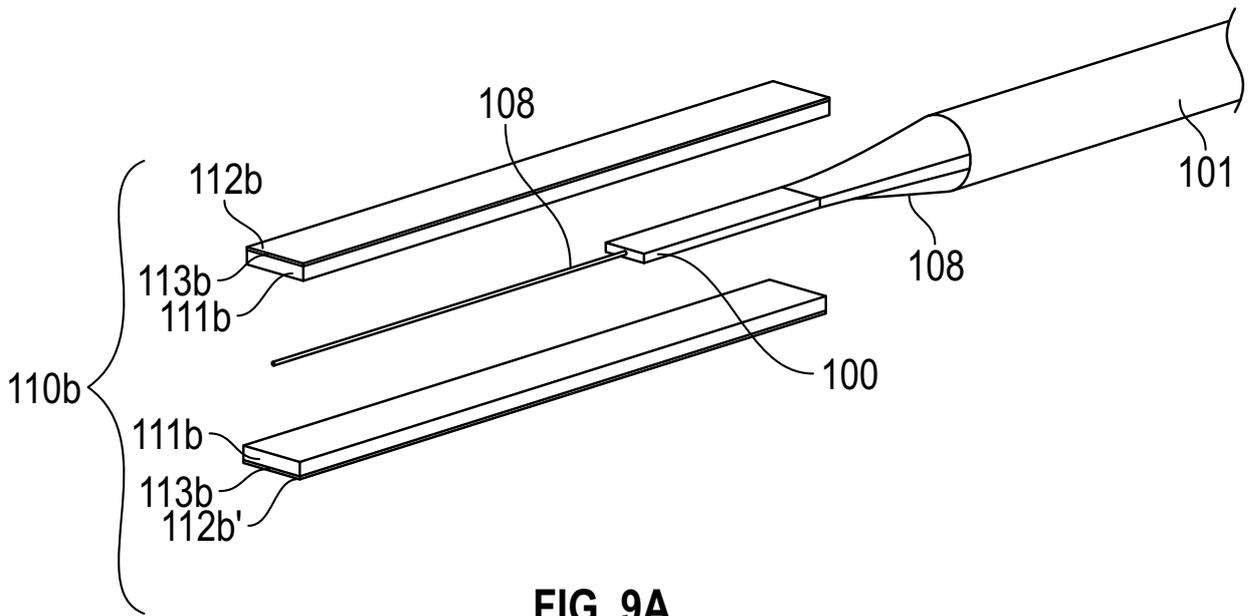


FIG. 9A

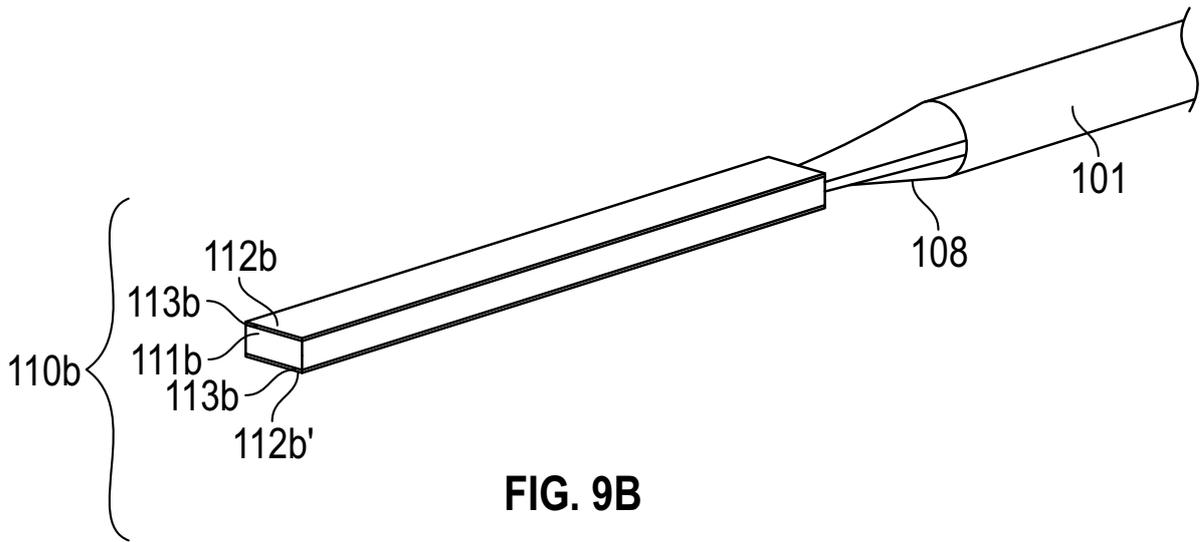


FIG. 9B

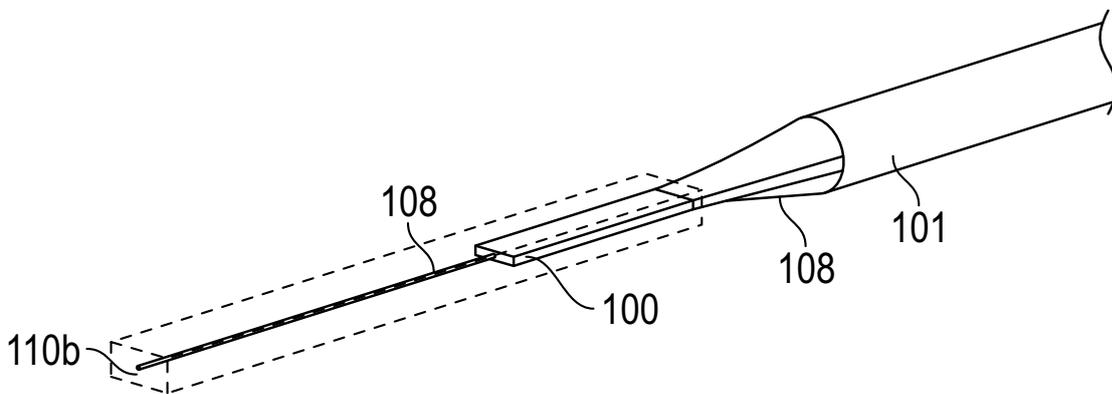


FIG. 9C

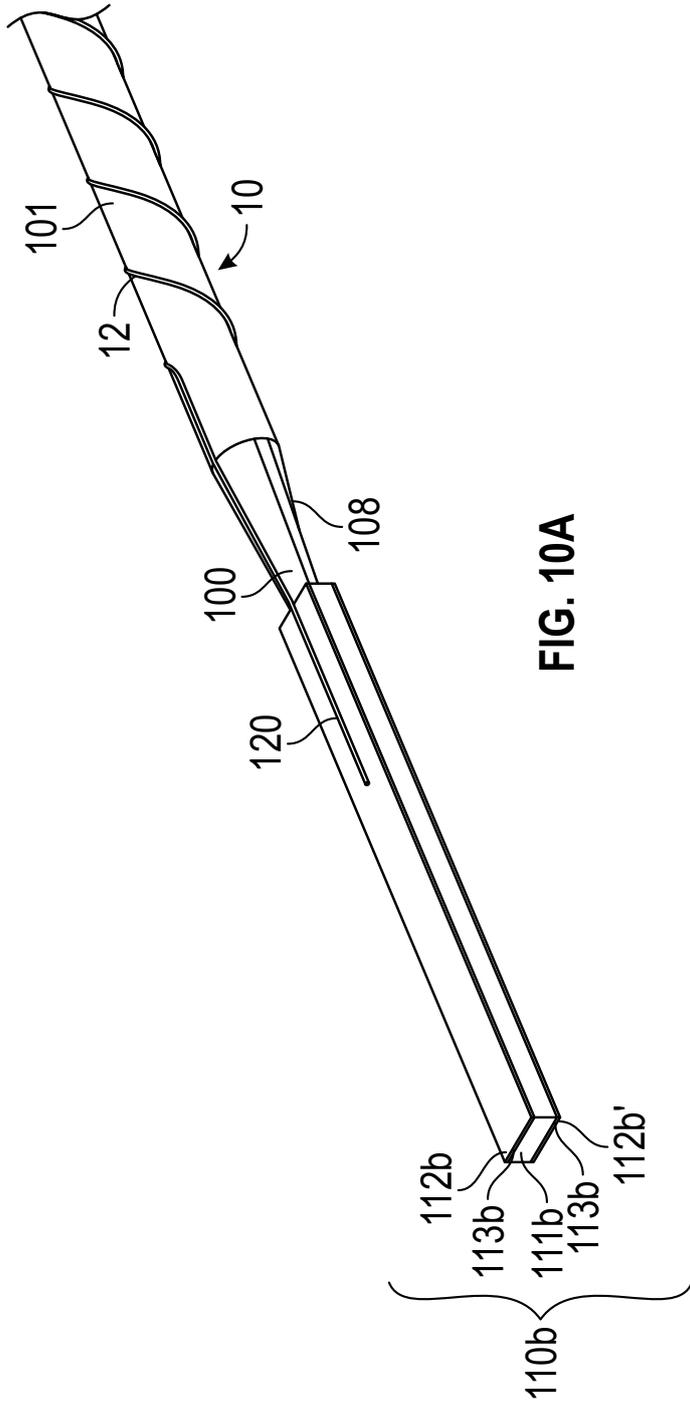


FIG. 10A

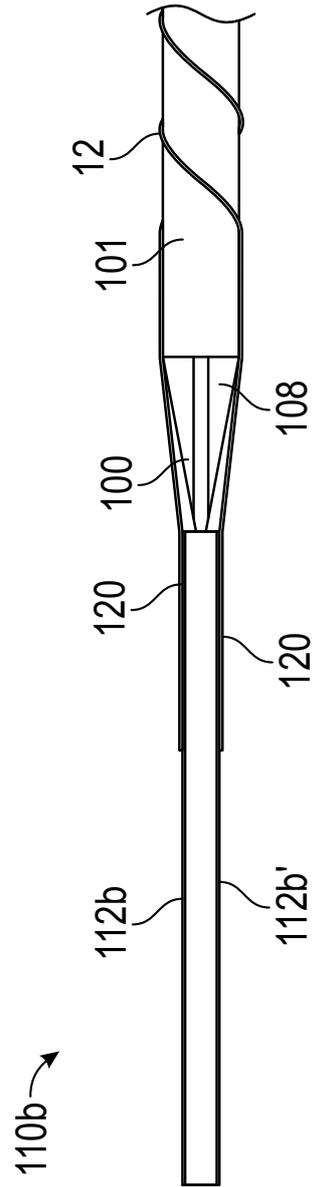
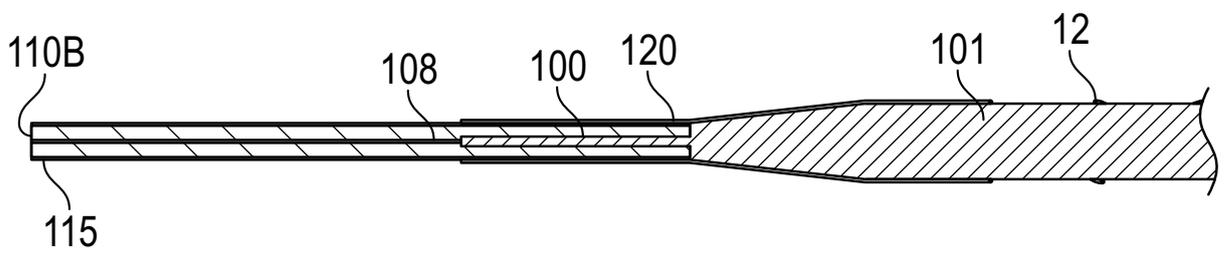
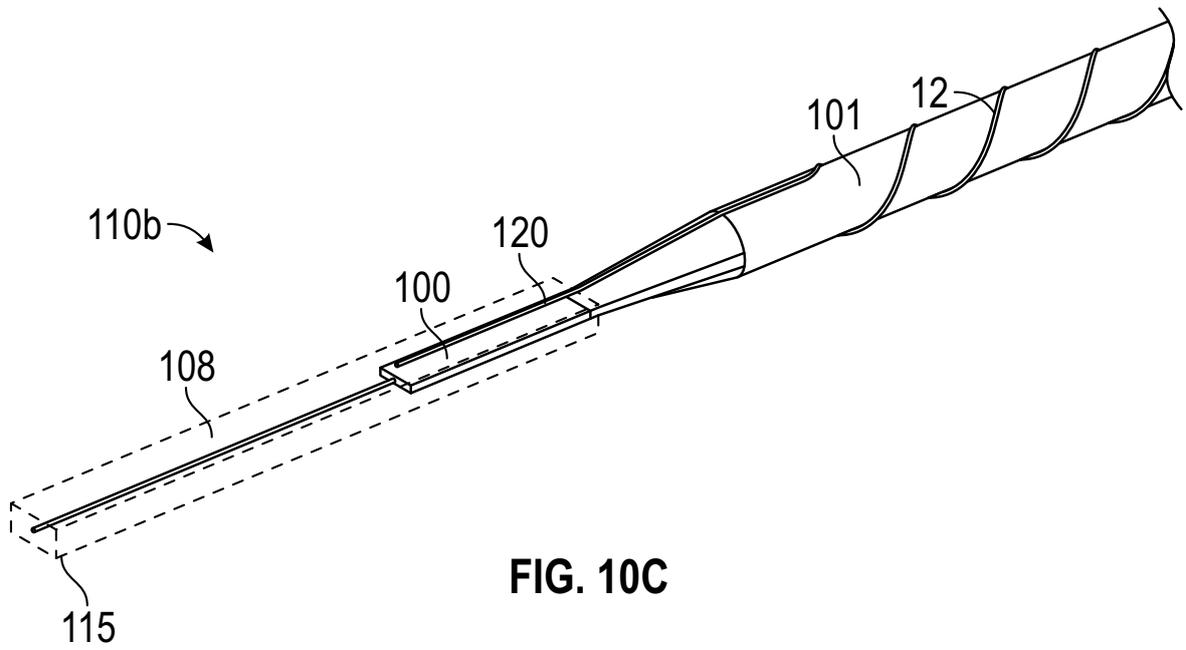


FIG. 10B



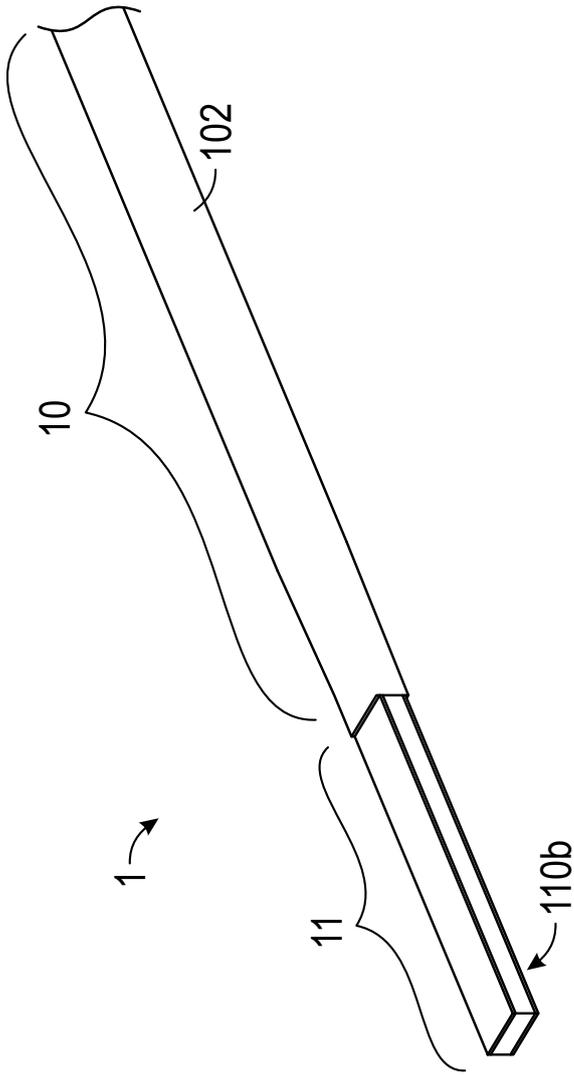


FIG. 11A

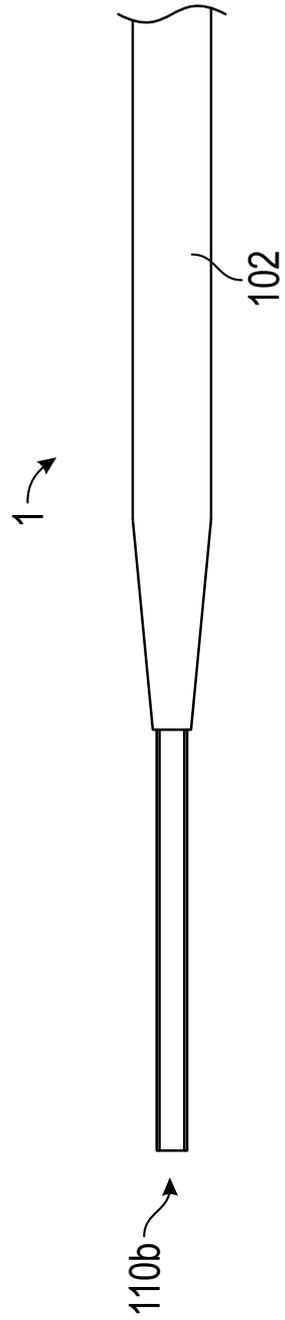


FIG. 11B

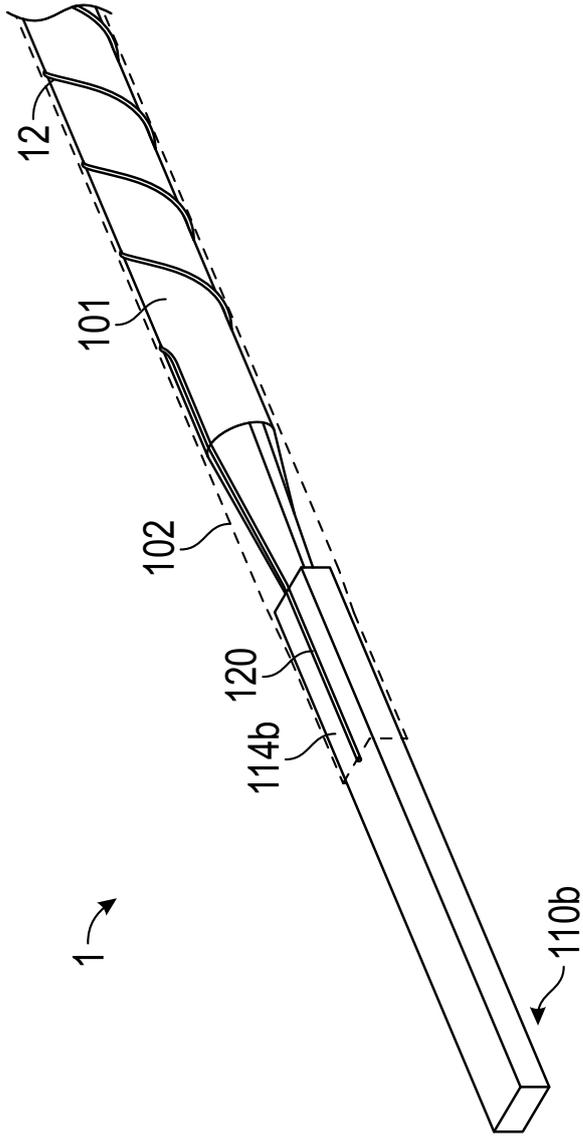


FIG. 11C

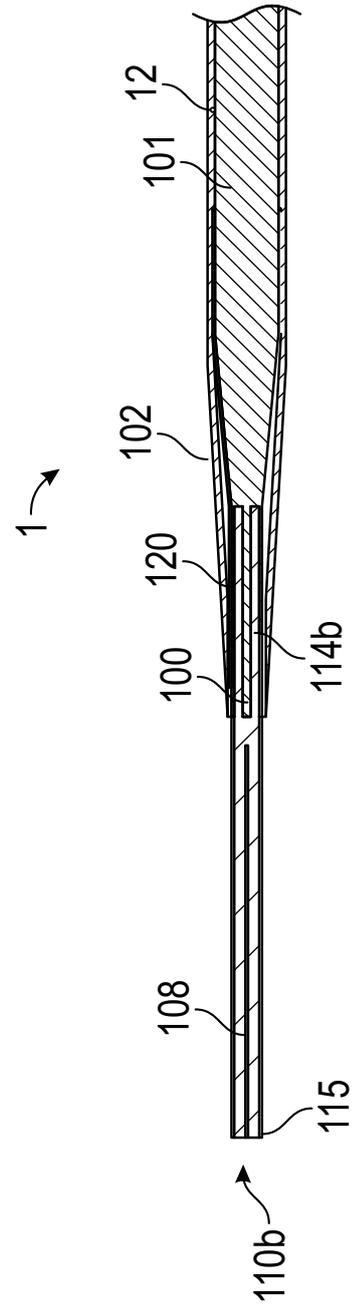


FIG. 11D

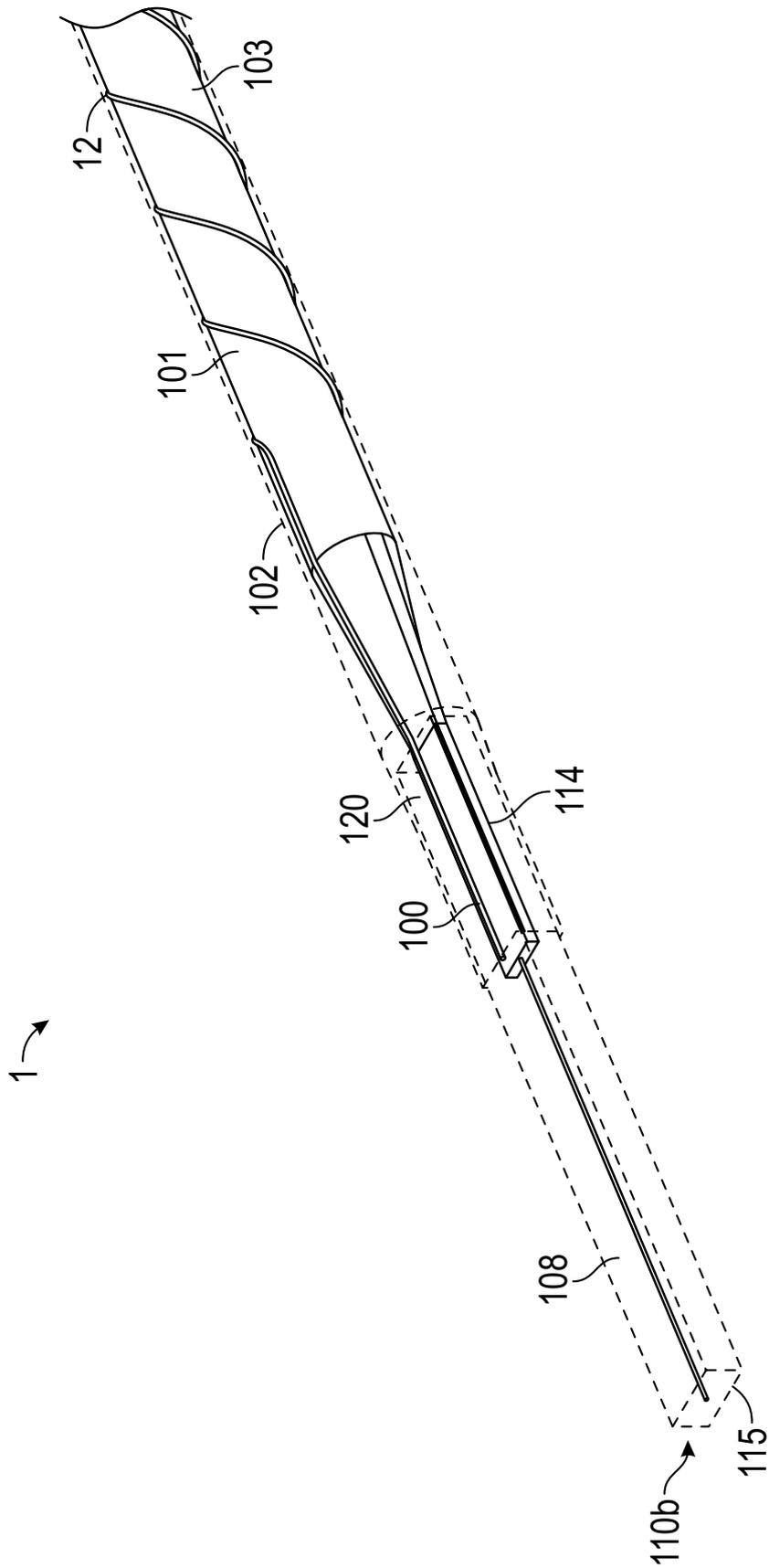


FIG. 11E