



República Federativa do Brasil  
Ministério da Indústria, Comércio Exterior  
e Serviços  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102017019406-0 A2

(22) Data do Depósito: 11/09/2017

(43) Data da Publicação: 02/05/2018



(54) **Título:** BATERIAS EM FORMATO TUBULAR PARA DISPOSITIVO BIOMÉDICO COM VEDAÇÃO AUTOCATALÍTICA

(51) **Int. Cl.:** H01M 2/02; A61N 1/00; C23C 14/00

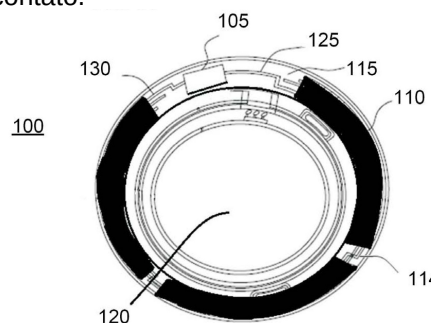
(30) **Prioridade Unionista:** 12/09/2016 US 62/393,281, 12/09/2016 US 62/393,28114/08/2017 US 15/676,338

(73) **Titular(es):** JOHNSON & JOHNSON VISION CARE, INC.

(72) **Inventor(es):** STUART MICHAEL DAVIS; FREDERICK A. FLITSCH; MILLBURN EBENEZER MUTHU; RANDALL B. PUGH; ADAM TONER

(74) **Procurador(es):** DANNEMANN, SIEMSEN, BIGLER & IPANEMA MOREIRA

(57) **Resumo:** Patente de Invenção: "BATERIAS EM FORMATO TUBULAR PARA DISPOSITIVO BIOMÉDICO COM VEDAÇÃO AUTOCATALÍTICA". A invenção se refere a designs, estratégias e métodos para a formação de baterias em forma tubular. Em alguns exemplos, lacres herméticos podem ser usados para vedar a química da bateria dentro de baterias em forma tubular. Isto pode melhorar a biocompatibilidade dos elementos de energização. Em alguns exemplos, os elementos de energização biocompatíveis em forma de tubo podem ser usados em dispositivo biomédico. Em ainda outros exemplos, os elementos de energização biocompatíveis em forma de tubo podem ser usados em uma lente de contato.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**BATERIAS EM FORMATO TUBULAR PARA DISPOSITIVO BIOMÉDICO COM VEDAÇÃO AUTOCATALÍTICA**".

REFERÊNCIA REMISSIVA A PEDIDOS CORRELATOS

[001] Este pedido de patente reivindica o benefício do pedido de patente provisório US nº 62/393.281, depositado em 12 de setembro de 2016.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Campo da invenção

[002] São descritos designs e métodos para melhorar os aspectos de biocompatibilidade de baterias, particularmente pela formação de formas tubulares produzidas a partir de estruturas sólidas. Em alguns exemplos, um campo de uso para as baterias biocompatíveis pode incluir qualquer dispositivo ou produto biocompatível que exija energia.

2. Descrição da técnica relacionada

[003] Recentemente, o número de dispositivos médicos e sua funcionalidade começaram a se desenvolver rapidamente. Esses dispositivos médicos podem incluir, por exemplo, marca-passos implantáveis, pílulas eletrônicas para monitorar e/ou testar uma função biológica, dispositivos cirúrgicos com componentes ativos, lentes de contato, bombas de infusão e neuroestimuladores. Funcionalidade adicionada e um aumento no desempenho para muitos dos dispositivos médicos supracitados foram desenvolvidos e teorizados. Entretanto, para alcançar a funcionalidade adicionada teorizada, muitos desses dispositivos agora exigem meios de energização próprios que são compatíveis com as exigências de tamanho e formato destes dispositivos, assim como as exigências dos novos componentes energizados.

[004] Alguns dispositivos médicos podem incluir componentes elétricos, como dispositivos semicondutores que realizam uma varie-

dade de funções, e podem ser incorporados em muitos dispositivos biocompatíveis e/ou implantáveis. Entretanto, tais componentes semicondutores precisam de energização e, portanto, elementos de energização também deveriam ser, de preferência, incluídos em tais dispositivos biocompatíveis. A topologia e o tamanho relativamente pequeno dos dispositivos biocompatíveis podem criar ambientes desafiadores para a definição de várias funcionalidades. Em muitos exemplos, é importante fornecer meios seguros, confiáveis, compactos e de baixo custo para energizar os componentes semicondutores no interior dos dispositivos biocompatíveis. Portanto, existe uma necessidade de elementos de energização biocompatíveis formados para implantação dentro ou sob os dispositivos biocompatíveis, em que a estrutura do milímetro ou elementos de energização com tamanho menor fornecem função melhorada para o elemento de energização enquanto mantém a biocompatibilidade.

[005] Tal elemento de energização usado para energizar um dispositivo pode ser uma bateria. Ao utilizar uma bateria para fins de aplicações biomédicas, é importante que a estrutura e o projeto da bateria acomodem aspectos de biocompatibilidade. Portanto, existe uma necessidade por exemplos inovadores de formação de baterias biocompatíveis para uso em elementos de energização biocompatíveis, que podem ter aspectos de confinamento significativamente aprimorados.

#### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[006] Consequentemente, estratégias e designs aprimorados de confinamento para uso em elementos de energização biocompatíveis são descritos.

[007] Um aspecto geral inclui um dispositivo biomédico que inclui um componente eletroativo, uma bateria biocompatível, e uma primeira camada de encapsulação. A bateria biocompatível neste aspecto inclui uma estrutura tubular, com um volume interno formando uma cavida-

de. A primeira camada de encapsulação encapsula ao menos o componente eletroativo e a bateria biocompatível. Em alguns exemplos, a primeira camada de encapsulação é usada para definir uma saia de uma lente de contato, circundando componentes internos de uma lente eletroativa com uma camada biocompatível de hidrogel que interage com a superfície do olho de um usuário. Em alguns exemplos a natureza da solução de eletrólitos fornece melhorias para a biocompatibilidade do dispositivo biomédico. Por exemplo, a composição da solução de eletrólitos pode ter concentrações de eletrólito mais reduzidas do que composições de baterias típicas. Em outros exemplos, a composição de eletrólitos pode imitar o ambiente biológico que o dispositivo biomédico ocupa, como a composição de fluido lacrimal em um exemplo não limitante. Em alguns exemplos, a bateria biocompatível inclui também um revestimento metálico externo folheado, sendo que o revestimento metálico externo folheado compreende uma porção que é folheada com folheamento autocatalítico (“electroless”), e sendo que a espessura do revestimento metálico externo folheado é suficientemente espessa para agir como uma barreira contra entrada e saída de umidade a partir do elemento de energização bioquímico. O folheamento autocatalítico pode incluir uma química à base de cobre para depositar uma camada de cobre sobre o revestimento metálico externo folheado. Em alguns exemplos, pode haver uma porção da bateria biocompatível, na qual um material de bloqueio evita que o revestimento metálico externo folheado se forme na região de um ou mais dentre o contato de anodo e o contato de catodo.

[008] De acordo com um aspecto, a presente invenção é direcionada a um dispositivo biomédico. O dispositivo biomédico compreende um componente eletroativo; uma bateria que compreende um coletor de corrente do anodo, um coletor de corrente do catodo, um anodo, e um catodo; um tubo encapsulando o anodo e o catodo com uma pri-

meira penetração no coletor de corrente do anodo, uma segunda penetração no coletor de corrente do catodo, uma primeira vedação entre o tubo e o coletor de corrente do anodo, e uma segunda vedação entre o tubo e o coletor de corrente do catodo; e uma primeira camada de encapsulação biocompatível, sendo que a primeira camada de encapsulação biocompatível encapsula ao menos o componente eletroativo e a bateria.

[009] De acordo com um outro aspecto, a presente invenção é direcionada a uma bateria. A bateria compreende um coletor de corrente do anodo, sendo que o coletor de corrente do anodo é um primeiro tubo metálico fechado em uma primeira extremidade; um anodo, sendo que a química de anodo está contida no interior do primeiro tubo metálico; um coletor de corrente do catodo, sendo que o coletor de corrente do catodo é um segundo tubo metálico fechado em uma segunda extremidade; um catodo, sendo que a química de catodo está contida no interior do segundo tubo metálico; um tubo de cerâmica com uma primeira superfície vedante que tem uma interface vedante com o primeiro tubo metálico, e uma segunda superfície vedante que tem uma interface vedante com o segundo tubo metálico; e um material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico.

[0010] De acordo com ainda outro aspecto, a presente invenção é direcionada a uma bateria. A bateria compreende um coletor de corrente do anodo, sendo que o coletor de corrente é um primeiro tubo metálico fechado em uma primeira extremidade; um anodo, sendo que a química de anodo está contida no interior do primeiro tubo metálico; um coletor de corrente do catodo, sendo que o coletor de corrente do catodo é um segundo tubo metálico fechado em uma segunda extremidade; um catodo, sendo que a química de catodo está contida no interior do segundo tubo metálico; um tubo de vidro com uma primeira

superfície vedante que tem uma interface vedante com o primeiro tubo metálico, e uma segunda superfície vedante que tem uma interface vedante com o segundo tubo metálico; e um material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico.

[0011] De acordo com ainda outro aspecto, a presente invenção é direcionada a uma bateria. A bateria compreende um coletor de corrente do anodo, sendo que o coletor de corrente do anodo é um primeiro tubo metálico fechado em uma primeira extremidade; um anodo, sendo que a química de anodo está contida no interior do primeiro tubo metálico; um coletor de corrente do catodo, sendo que o coletor de corrente do catodo é um fio; uma terminação de cerâmica com uma primeira superfície vedante que tem uma interface vedante com o primeiro tubo metálico, e uma segunda superfície vedante que tem uma interface vedante com o coletor de corrente do catodo; um catodo, sendo que a química de catodo está depositado sobre o coletor de corrente do catodo; e um material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico.

[0012] De acordo com ainda outro aspecto, a presente invenção é direcionada a uma bateria. A bateria compreende um coletor de corrente do anodo, sendo que o coletor de corrente do anodo é um primeiro tubo semicondutor, fechado em uma primeira extremidade e dopado na primeira extremidade; um anodo, sendo que a química de anodo está contida no interior do primeiro tubo semicondutor; um coletor de corrente do catodo, sendo que o coletor de corrente do catodo é um segundo tubo semicondutor fechado em uma segunda extremidade e dopado na segunda extremidade; um catodo, sendo que a química de catodo está depositado sobre o coletor de corrente do catodo; e um material de vedação situado em um vão entre o primeiro tubo semicondutor e o segundo tubo semicondutor.

[0013] De acordo com um outro aspecto, a presente invenção é direcionada a um método para produção de uma bateria. O método compreende obter um tubo coletor de catodo; preencher o tubo coletor de catodo com produtos químicos de catodo; obter um tubo coletor de anodo; preencher o tubo coletor de anodo com produtos químicos de anodo; obter uma peça isolante de cerâmica em formato tubular; formar uma primeira e segunda superfícies vedantes em cada extremidade da peça isolante de cerâmica em formato tubular; evaporar um filme metálico sobre a primeira e segunda superfícies vedantes; revestir a extremidade do tubo coletor de catodo com um pedaço de material de Nanofoil®; revestir o filme metálico sobre a primeira e segunda superfícies vedantes com uma solda em pasta; empurrar o tubo coletor de catodo sobre a primeira superfície vedante; ativar o material de Nanofoil® para causar um rápido aumento de temperatura na interface entre o tubo coletor de catodo e a primeira superfície vedante, e fundir a pasta de solda.

[0014] As implementações das baterias descritas acima podem incluir um ou mais dos recursos apresentados a seguir, um material de vedação situado em um vão entre a primeira superfície vedante de um material semiconductor cerâmico de cristal ou vidro e um tubo metálico ou de outro material cerâmico semiconductor ou de vidro.

[0015] As baterias exemplificadoras podem incluir também uma bateria, na qual o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo inclui um adesivo à base de epóxi. As baterias exemplificadoras podem incluir também uma bateria na qual o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo inclui um adesivo à base de epóxi. A bateria pode incluir também a bateria na qual o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo inclui uma primeira camada que inclui partículas de molibdênio e manganês, em

uma mistura com pós de cerâmica, que é então folheada com um filme metálico. A bateria na qual o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo inclui uma primeira camada que inclui partículas de molibdênio e manganês, em uma mistura com pós de cerâmica, que é então folheada com um filme metálico. A bateria pode incluir também a bateria na qual o filme metálico inclui níquel.

[0016] Em alguns exemplos, exemplos de bateria incluem a bateria na qual o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico inclui uma primeira camada de filme metálico depositado por PDV. A bateria pode incluir também uma bateria na qual o filme metálico inclui titânio. A bateria pode incluir também a bateria na qual um filme metálico nobre é adicionalmente depositado sobre o filme metálico depositado por PVD.

[0017] Os exemplos de bateria podem incluir também a bateria na qual o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo inclui uma pluralidade de camadas finas de filmes metálicos, em que uma primeira camada fina de filme metálico é depositada sobre uma segunda camada de filme metálico, em que a primeira camada fina de filme metálico é quimicamente reativa com a segunda camada de filme metálico, liberando energia para aquecer rapidamente as camadas, e em que a reação química é ativada através de um pulso energético de energia. Em alguns exemplos, o pulso energético inclui fótons. Em alguns exemplos, o pulso energético inclui elétrons. Em alguns exemplos, o pulso energético inclui energia térmica.

[0018] Em alguns exemplos, a bateria pode incluir também a bateria na qual o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo inclui uma base de liga de solda convencional com uma adição de titânio, em que o titânio reage com

os materiais de superfície da primeira superfície vedante mediante exposição à energia ultrassônica.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0019] O supracitado, bem como outros recursos e vantagens da presente invenção, ficarão evidentes a partir da descrição mais específica, apresentada a seguir, das modalidades preferenciais da invenção, conforme ilustrado nos desenhos em anexo.

[0020] As Figuras 1A a 1B ilustram aspectos exemplificadores de elementos de energização em conjunto com a aplicação exemplificadora de lentes de contato.

[0021] As Figuras 2A a 2B ilustram um formato tubular exemplificador com um confinamento metálico e componentes isolantes em um design de bateria tubular.

[0022] A Figura 3 ilustra um formato tubular exemplificador com confinamento metálico interpenetrante e componentes isolantes em um design de bateria tubular.

[0023] A Figura 4 ilustra um formato tubular exemplificador com um confinamento de terminação metálico e componentes isolantes em um design de bateria tubular.

[0024] A Figura 5 ilustra um formato tubular exemplificador com contatos metálicos de confinamento isolante em um design de bateria tubular, com componentes de anodo e catodo cofaciais.

[0025] As Figuras 6A a 6F ilustram a formação de um corpo tubular, de acordo com a presente invenção.

[0026] A Figura 7 ilustra um confinamento metálico tubular vedado exemplificador e terminação de fio isolado vedado em um design de bateria tubular.

[0027] A Figura 8 ilustra um confinamento metálico tubular vedado exemplificador e terminações de fio isolado vedado em um design de bateria tubular.

[0028] A Figura 9 ilustra um formato de isolante tubular exemplificador com peças de confinamento semicondutoras dopadas soldadas juntas em um design de bateria tubular.

[0029] A Figura 10A ilustra uma vista próxima de uma vedação exemplificadora.

[0030] A Figura 10B ilustra uma estrutura que incorpora superfícies revestidas de solda e uma folha metálica de aquecimento.

[0031] As Figuras 11A a 11E ilustram vistas em seção transversal laterais de componentes de uma forma tubular exemplificadora completamente formada.

[0032] A Figura 11F ilustra uma vista em seção transversal de uma forma tubular exemplificadora completamente formada.

[0033] A Figura 11G ilustra uma vista de topo de uma forma tubular exemplificadora completamente formada em que o tubo é formado em uma forma semicircular.

[0034] A Figura 11H ilustra uma seção transversal de um exemplo de bateria folheada em formato tubular completamente formado com várias camadas folheadas.

[0035] A Figura 11J ilustra o bloqueio de porções da bateria em forma tubular exemplificadora com uma fita de vinil para inibir o folheamento nessas regiões.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0036] Métodos de formação de baterias em forma tubular com biocompatibilidade aprimorada são descritos no presente pedido. Nas seções a seguir, as descrições detalhadas de vários exemplos são descritas. As descrições de exemplos são modalidades exemplificadoras apenas, e várias modificações e alterações podem ser evidentes aos versados na técnica. Portanto, as modalidades exemplificadoras não limitam o escopo do presente pedido. Em alguns exemplos, estas baterias biocompatíveis podem ser projetadas para uso em ou próximo

ao corpo de um organismo vivo.

#### Glossário

[0037] Na descrição e nas reivindicações abaixo, vários termos podem ser usados. As seguintes definições se aplicarão a eles:

[0038] "Anodo", para uso na presente invenção, refere-se a um eletrodo através do qual flui corrente elétrica para o interior de um dispositivo elétrico polarizado. A direção da corrente elétrica é tipicamente oposta à direção do fluxo de elétrons. Em outras palavras, os elétrons fluem do anodo para, por exemplo, um circuito elétrico.

[0039] Bateria, como usado aqui, refere-se a uma fonte de energia eletroquímica que consiste em uma célula eletroquímica simples ou uma multiplicidade de células eletroquímicas, adequadamente conectadas uma a outra para fornecer uma tensão ou corrente desejada. As células podem ser células primárias (não recarregáveis) ou secundárias (recarregáveis).

[0040] "Aglutinante", como usado aqui, refere-se a um polímero que é capaz de exibir respostas elásticas a deformações mecânicas e que é quimicamente compatível com outros componentes do elemento de energização. Por exemplo, aglutinantes podem incluir materiais eletroativos, eletrólitos, polímeros, etc. Em alguns exemplos, o aglutinante pode se referir a uma substância que contém partículas e/ou partículas e líquido juntos em uma massa coesiva.

[0041] "Biocompatível", como usado aqui, se refere a um material ou dispositivo que funciona com uma resposta do hospedeiro apropriada em uma aplicação específica. Por exemplo, um dispositivo biocompatível não tem efeitos tóxicos ou lesivos em sistemas biológicos.

[0042] "Catodo", para uso na presente invenção, se refere a um eletrodo através do qual corrente elétrica flui para fora de um dispositivo elétrico polarizado. A direção da corrente elétrica é tipicamente oposta à direção do fluxo de elétrons. Portanto, os elétrons fluem para

o interior do catodo do dispositivo elétrico polarizado e para fora, por exemplo, do circuito elétrico conectado.

[0043] "Revestimento", para uso na presente invenção, se refere a um depósito de material em formas finas. Em alguns usos, o termo se referirá a um depósito delgado que cobre substancialmente a superfície de um substrato sobre o qual está formado. Em outros usos mais especializados, o termo pode ser usado para descrever pequenos depósitos delgados em regiões menores da superfície.

[0044] "Eletrodo", como usado aqui, pode se referir a um transdutor de energia na fonte de energia. Por exemplo, ele pode incluir um ou ambos dentre um anodo e um catodo.

[0045] "Energizado", para uso na presente invenção, se refere ao estado de ter a capacidade de abastecer corrente elétrica ou ter energia elétrica armazenada em seu interior.

[0046] "Energia", para uso na presente invenção, refere-se à capacidade de um sistema físico para realizar trabalho. Muitos usos dos elementos de energização podem se referir à capacidade de executar ações elétricas.

[0047] "Fonte de energia" ou "elemento de energização" ou "dispositivo de energização", para uso na presente invenção, refere-se a qualquer dispositivo ou camada que tenha a capacidade de fornecer energia ou colocar um dispositivo lógico ou elétrico em um estado energizado. Os elementos de energização podem incluir baterias. As baterias podem ser formadas a partir de uma química de célula do tipo alcalina, e podem ser baterias em estado sólido ou baterias de célula úmida, incluindo química alcalino aquosas, ácido aquosas, ou química de eletrólito salino aquosa, ou químicas não aquosas, químicas de sal fundido, ou química de estado sólido. As baterias podem ser dos tipos de célula seca (eletrólito imobilizado) ou célula úmida (eletrólito líquido, livre).

[0048] "Cargas", como usado aqui, referem-se a um ou mais separadores de elementos de energização que não reagem com qualquer um dentre eletrólitos ácidos ou alcalinos. Geralmente, cargas podem incluir substancialmente materiais insolúveis em água, como negro de fumo; pó de carvão; grafite; óxidos metálicos e hidróxidos como silicose, alumínio, cálcio, magnésio, bário, titânio, ferro, zinco e estanho; metal carbonatos como aqueles de cálcio e magnésio; minerais como mica, montmorolona, caulinita, atapulgita e talco; zeólitas sintéticas e naturais como cimento Portland; metal silicatos precipitado, como cálcio silicato; polímeros ociosos ou sólidos ou microesferas vítreas, flocos e fibras; e similares.

[0049] "Funcionalizado", como usado aqui, refere-se a tornar uma camada ou dispositivo capaz de executar uma função que inclui, por exemplo, energização, ativação e/ou controle.

[0050] "Molde", como usado aqui, refere-se a um objeto rígido ou semirrígido que pode ser usado para formar objetos tridimensionais a partir de formulações não curadas. Alguns moldes exemplificadores incluem duas peças de molde que, quando opostas uma à outra, definem a estrutura de um objeto tridimensional.

[0051] "Potência", conforme usado no presente documento, refere-se ao trabalho realizado ou à energia transferida por unidade de tempo.

[0052] "Recarregável" ou "Reenergizável", como usado na presente invenção, refere-se à capacidade de restauração para um estado com maior capacidade de realização de trabalho. Muitos usos podem relacionar a capacidade de restauração com a habilidade da corrente elétrica de fluir a uma certa taxa por certos períodos de tempo restabelecidos.

[0053] "Reenergizar" ou "recarregar", como usado aqui, refere-se à restauração a um estado com capacidade maior de realizar trabalho.

Muitos usos podem estar relacionados à restauração da capacidade de fluxo de corrente elétrica de um dispositivo, a uma certa taxa durante um determinado período de tempo restabelecido.

[0054] "Liberado", como usado aqui e algumas vezes chamado de "liberado de um molde", significa que um objeto tridimensional é completamente separado do molde ou apenas fixado de maneira frouxa ao molde, de modo que possa ser removido com agitação leve.

[0055] "Empilhada", para uso na presente invenção, significa que ao menos duas camadas de componente são colocadas em proximidade uma da outra, de modo que ao menos uma porção de uma superfície de uma das camadas entre em contato com uma primeira superfície de uma segunda camada. Em alguns exemplos, um revestimento, que pode servir para a adesão ou outras funções, pode residir entre as duas camadas que estão em contato uma com a outra através do dito revestimento.

[0056] O termo "trilhas", como usado aqui, refere-se a componentes de elementos de energização capazes de conectar os componentes do circuito. Por exemplo, trilhas de circuito podem incluir cobre ou ouro quando o substrato é uma placa de circuito impresso e podem, tipicamente, ser de cobre, ouro ou um filme impresso em um circuito flexível. Um tipo especial de trilha é o coletor de corrente. Coletores de corrente são trilhas com compatibilidade eletroquímica que tornam os coletores de corrente adequados para uso na condução de elétrons de e para um catodo ou anodo de uma célula eletroquímica.

[0057] Pode haver outros exemplos de como montar e configurar as baterias de acordo com a presente invenção, e alguns podem ser descritos nas próximas seções. Entretanto, para muitos destes exemplos, há parâmetros e características selecionadas das baterias que podem ser descritos independentemente. Nas seções a seguir, algumas características e parâmetros serão analisados.

[0058] Construção de um dispositivo médico exemplificador com elementos de energização biocompatíveis

[0059] Um exemplo de um dispositivo biomédico que pode incorporar os elementos de energização, baterias, da presente invenção pode ser uma lente de contato de ajuste focal eletroativo. Referindo-se à Figura 1A, um exemplo desse inserto de lente de contato pode ser retratado como um inserto de lente de contato 100. Na inserção da lente de contato 100, pode haver um elemento eletroativo 120 que pode acomodar as mudanças das características de foco em resposta às tensões de controle. Um circuito 105, para fornecer estes sinais de tensão de controle, bem como para fornecer outras funções, tais como detecção do ambiente de controle para sinais de controle externos, pode ser energizado por um elemento de bateria biocompatível 110. Conforme representado na figura 1A, o elemento de bateria 110 pode ser encontrado como múltiplas peças principais, neste caso três peças, e pode incluir as várias configurações de elementos de química da bateria como foi discutido. Os elementos de bateria 110 podem ter vários recursos de interconexão para unir as peças, como pode ser mostrado subjacente à região de interconexão 114. Os elementos de bateria 110 podem ser conectados ao elemento de circuito 105 que pode ter seu próprio substrato 115, sobre o qual podem estar situadas características de interconexão 125. O circuito 105, que pode estar sob a forma de um circuito integrado, pode estar conectado elétrica e fisicamente ao substrato 115 e a seus recursos de interconexão 125.

[0060] Com referência à Figura 1B, um relevo em seção transversal de uma lente de contato 150 pode compreender o elemento de inserção da lente de contato 100 e seus componentes discutidos. O elemento de inserção da lente de contato 100 pode estar encapsulado em uma saia de hidrogel de lente de contato 155 que pode encapsular a inserção de lente de contato 100 e fornecer uma interface confortá-

vel da lente de contato 150 ao olho de um usuário.

#### Requisitos elétricos de microbaterias

[0061] Outra área para considerações de design pode se referir aos requisitos elétricos do dispositivo, que podem ser fornecidos pela bateria. Para funcionar como uma fonte de energia para um dispositivo médico, uma bateria apropriada pode precisar atender os requisitos elétricos totais do sistema quando este estiver operando em um modo não conectado ou não externamente energizado. Um campo emergente de dispositivos biomédicos não conectados ou não externamente energizados pode incluir, por exemplo, lentes de contato de correção de visão, dispositivos de monitoramento de saúde, câmeras de pílula e dispositivos inovadores. Desenvolvimentos recentes na tecnologia de circuito integrado (CI) podem permitir a operação elétrica significativa em níveis de corrente muito baixos, por exemplo, picoamps de corrente no modo de espera e microamps da corrente operacional. Os CIs podem também possibilitar a criação de dispositivos muito pequenos.

[0062] Microbaterias para aplicações biomédicas podem ser necessárias para que muitos requisitos desafiadores simultâneos sejam cumpridos. Por exemplo, a microbateria pode ser necessária para que se tenha a capacidade de administrar uma tensão operacional adequada a um circuito elétrico incorporado. Esta tensão operacional pode ser influenciada por vários fatores, incluindo o "nó" do processo de CI, a tensão de saída do circuito para outro dispositivo e um alvo de consumo da corrente específico, que também pode se referir à vida útil desejada de um dispositivo.

[0063] Com relação ao processo de CI, os nós podem tipicamente ser diferenciados pela dimensão mínima de um transistor, como o "assim chamado" canal de transistor. Esta característica física, juntamente com outros parâmetros da fabricação de CI, como a espessura do óxido de porta, podem estar associados a um padrão de classificação

resultante para tensões "de ligação" ou "limite" dos transistores de efeito de campo (FET) fabricados no dado nó do processo. Por exemplo, em um nó com uma dimensão mínima de 0,5 microns, pode ser comum encontrar FETs com tensões de ligação de 5,0 V. Entretanto, com uma dimensão mínima de 90 nm, os FETs podem ligar a 1,2, 1,8 e 2,5 V. A fundição de CI pode fornecer células padrão de blocos digitais, por exemplo, inversores e flip-flops que foram caracterizados e classificados para uso em certas faixas de tensão. Os projetistas escolheram um nó do processo de CI com base em vários fatores, incluindo a densidade dos dispositivos digitais, dispositivos de sinal misto analógico/digital, corrente de fuga, camadas de fiação e disponibilidade de dispositivos especiais, como FETs de alta tensão. Dados estes aspectos paramétricos dos componentes elétricos, que podem consumir energia de uma microbateria, pode ser importante que a fonte de energia da microbateria seja compatível com os requisitos do nó do processo e design do CI escolhidos, especialmente em termos de tensão e corrente disponíveis.

[0064] Em alguns exemplos, um circuito elétrico alimentado por uma microbateria pode conectar-se a outro dispositivo. Em exemplos não limitadores, o circuito elétrico alimentado por microbateria pode conectar-se a um atuador ou um transdutor. Dependendo da aplicação, estes podem incluir um diodo emissor de luz (LED), um sensor, uma bomba de sistema microeletromecânico (MEMS) ou vários outros dispositivos deste tipo. Em alguns exemplos, tais dispositivos conectados podem exigir condições de tensão operacional mais altas que os nós de processo de CI comuns. Por exemplo, uma lente de foco variável pode exigir 35 V para ser ativada. A tensão operacional fornecida pela bateria pode, portanto, ser uma consideração crítica ao projetar tal sistema. Em alguns exemplos deste tipo de consideração, a eficiência de um acionador de lente para produzir 35 V a partir de uma ba-

teria de 1 V pode ser significativamente menor do que poderia ser ao operar a partir de uma bateria de 2 V. Outros requisitos, como tamanho da matriz, podem ser dramaticamente diferentes considerando também os parâmetros de funcionamento da microbateria.

[0065] As células de bateria individuais podem ser tipicamente classificadas com tensões em circuito aberto, de carga e de corte. A tensão em circuito aberto é o potencial produzido pela célula de bateria com infinita resistência de carga. A tensão de carga é o potencial produzido pela célula com uma impedância de carga adequada, e tipicamente também especificada, colocada nos terminais da célula. A tensão de corte é tipicamente uma tensão na qual a maior parte da bateria foi descarregada. A tensão de corte pode representar uma tensão, ou grau de descarga, abaixo da qual a bateria não deveria ser descarregada, de modo a evitar efeitos prejudiciais como emissão de gases em excesso. A tensão de corte pode tipicamente ser influenciada pelo circuito ao qual a bateria está conectada, e não apenas pela própria bateria, por exemplo, a tensão operacional mínima do circuito eletrônico. Em um exemplo, uma célula alcalina pode ter uma tensão de circuito aberto de 1,6 V, uma tensão de carga na faixa de 1,0 a 1,5 V e uma tensão de corte de 1,0 V. A tensão de um dado design da célula da microbateria pode depender de outros fatores da química da célula empregada. Uma química da célula diferente pode, assim, ter diferentes tensões de célula.

[0066] Células podem ser conectadas em série para aumentar a tensão; entretanto, essa combinação pode vir com desvantagens em relação ao tamanho, resistência interna, e complexidade de bateria. Células podem também ser combinadas em configurações paralelas para diminuir a resistência e aumentar a capacidade; entretanto, tal combinação pode trazer desvantagens ao tamanho e vida útil.

[0067] Capacidade da bateria pode ser a capacidade de uma bate-

ria para fornecer corrente ou operar por um período de tempo. A capacidade da bateria pode tipicamente ser especificada em unidades como microampere-hora. Uma bateria que pode fornecer 1 microampere de corrente por 1 hora tem 1 microampere-hora de capacidade. A capacidade pode ser tipicamente aumentada aumentando-se a massa (e, assim, o volume) de reagentes dentro de um dispositivo de bateria; entretanto, pode-se considerar que dispositivos biomédicos podem ser significativamente restritos ao volume disponível. A capacidade da bateria também pode ser influenciada pelo material de eletrodo e eletrólito, bem como por outros fatores como o design físico dos eletrodos, a natureza e dimensões de qualquer material separador disposto entre os eletrodos, e as proporções relativas de anodo, dos materiais ativos de catodo, dos auxiliares condutores e do eletrólito.

[0068] Dependendo dos requisitos do circuito ao qual a bateria está conectada, uma bateria pode ser necessária para fornecer corrente em uma faixa de valores. Durante o armazenamento antes do uso ativo, uma corrente de fuga da ordem de picoamps a nanoamps pode fluir através dos circuitos, interconexões e isolantes. Durante a operação ativa, o circuito pode consumir corrente quiescente para os sensores de amostra e temporizadores, e realizar funções de consumo baixo de energia deste tipo. O consumo de corrente quiescente pode ser da ordem de nanoamps a milliamps. O circuito pode também ter demandas de corrente de pico ainda mais elevadas, por exemplo, durante a gravação de memória flash ou a comunicação por radiofrequência (RF). Esta corrente de pico pode estender-se até as dezenas de miliampères ou mais. A resistência e impedância de um dispositivo de microbateria podem também ser importantes para as considerações do design.

[0069] A vida útil tipicamente se refere ao período de tempo que uma bateria pode sobreviver em armazenamento ainda mantendo pa-

râmetros de funcionamento úteis. A vida útil pode ser particularmente importante para dispositivos biomédicos por vários motivos. Dispositivos eletrônicos podem deslocar dispositivos não energizados, como, por exemplo, pode ser o caso da introdução de uma lente de contato eletrônica. Produtos nestes espaços de mercado existentes podem ter requisitos de vida útil estabelecidos, por exemplo, três anos, devido aos requisitos de cliente, da cadeia de suprimentos e outros. Pode ser tipicamente desejável que tais especificações não sejam alteradas para novos produtos. Os requisitos de vida útil podem também ser definidos pelos métodos de distribuição, inventário e uso de um dispositivo incluindo uma microbateria. Consequentemente, as microbaterias para os dispositivos biomédicos podem ter requisitos específicos de vida útil, que podem ser, por exemplo, medidas em número de anos.

[0070] Em alguns exemplos, os elementos de energização biocompatíveis tridimensionais podem ser recarregáveis. Por exemplo, uma bobina indutiva também pode ser fabricada na superfície tridimensional. A bobina indutiva poderia, então, ser energizada com uma base de radiofrequência ("RF"). A bobina indutiva pode ser conectada ao elemento de energização biocompatível tridimensional para recarregar o elemento de energização quando a RF é aplicada à bobina indutiva. Em outro exemplo, fotovoltaicos também podem ser fabricados na superfície tridimensional e conectados ao elemento de energização biocompatível tridimensional. Quando expostos à luz ou fótons, os fotovoltaicos produzirão elétrons para recarregar o elemento de energização.

[0071] Em alguns exemplos, uma bateria pode operar para fornecer uma energia elétrica para um sistema elétrico. Nestes exemplos, a bateria pode ser eletricamente conectada ao circuito do sistema elétrico. As conexões entre um circuito e uma bateria podem ser classificadas como interconexões. Estas interconexões podem ser tornar pro-

gressivamente mais desafiadoras em microbaterias biomédicas devido a vários fatores. Em alguns exemplos, os dispositivos biomédicos energizados podem ser muito pequenos, proporcionando, assim, área e volume limitados para interconexões. As restrições de tamanho e de área podem afetar a resistência elétrica e a confiabilidade das interconexões.

[0072] Em outros aspectos, uma bateria pode conter um eletrólito líquido que poderia ferver em temperaturas altas. Essa restrição pode competir diretamente com o desejo de usar uma interconexão de solda que pode, por exemplo, requerer temperaturas relativamente altas como 250 graus Celsius para fundir. Contudo, em alguns exemplos, a química da bateria, incluindo o eletrólito, e a fonte de calor usada para formar interconexões baseadas em solda, podem ser isoladas espacialmente uma da outra. Nos casos de dispositivos biomédicos emergentes, o tamanho pequeno pode impedir a separação entre o eletrólito e as juntas de solda a uma distância suficiente para reduzir a condução de calor.

#### Componentes da bateria modular

[0073] Em alguns exemplos, um componente de bateria modular pode ser formado de acordo com alguns aspectos e exemplos da presente invenção. Nestes exemplos, o conjunto da bateria modular pode ser um componente separado de outras partes do dispositivo biomédico. No exemplo de um dispositivo de lente de contato oftálmica, um design do tipo pode incluir uma bateria modular que é separada do resto de um inserto de mídia. Pode haver várias vantagens na formação de um componente de bateria modular. Por exemplo, no exemplo da lente de contato, um componente de bateria modular pode ser formado em um processo separado e não integrado que pode aliviar a necessidade de manusear componentes plásticos ópticos rígidos tridimensionalmente formados. Além disso, as fontes de fabricação po-

dem ser mais flexíveis e podem operar em um modo mais paralelo à fabricação de outros componentes no dispositivo biomédico. Além disso, a fabricação dos componentes de bateria modular pode ser desacoplada das características de dispositivos em formato tridimensional (3D). Por exemplo, em aplicações que exigem formas finais tridimensionais, um sistema de bateria modular pode ser fabricado em uma perspectiva plana ou aproximadamente bidimensional (2D), e então moldado na forma tridimensional correta. Em alguns exemplos, a bateria pode ser pequena o suficiente para não interferir com um formato tridimensional, mesmo que ele não seja curvo. Em alguns outros exemplos, um acoplamento de múltiplas baterias pequenas pode encaixar-se em um espaço de formato tridimensional. Um componente de bateria modular pode ser testado independentemente do resto do dispositivo biomédico, e a perda de rendimento devido a componentes de bateria pode ser resolvida antes da montagem. O componente da bateria modular resultante pode ser utilizado em vários construtos de inserção de meio que não têm uma região rígida adequada sobre a qual os componentes de bateria podem ser formados; e, em ainda outro exemplo, o uso dos componentes de bateria modular pode facilitar o uso de opções diferentes para as tecnologias de fabricação que seriam de outra forma utilizados, como, por exemplo, uma tecnologia baseada em manta (rolo a rolo), tecnologia baseada em lâmina (lâmina a lâmina), impressão, litografia, e processamento por "rodo". Em alguns exemplos de bateria modular, o aspecto de confinamento distinto de tal dispositivo pode resultar em material adicional sendo adicionado à construção do dispositivo biomédico de modo geral. Tais efeitos podem definir uma restrição para o uso de soluções de bateria modular quando parâmetros de espaço disponível exigem espessura ou volume reduzido das soluções.

[0074] Tubos como elementos de design no design de um compo-

nente de bateria

[0075] Em alguns exemplos, elementos de bateria podem ser projetados, de modo que eles segmentem as regiões de química ativa da bateria com vedações robustas. Em alguns exemplos, estas vedações podem ser herméticas. Podem haver numerosas vantagens a partir da divisão de componentes de bateria ativos em segmentos hermeticamente vedados, que podem comumente assumir a forma de tubos. Baterias em forma tubular com componentes externos produzidos a partir de metais, vidros ou cerâmicas podem formar um aspecto de design arquitetônico ideal. Em alguns exemplos, os materiais podem ser escolhidos, de tal modo que vedações que são formadas entre os materiais podem ser consideradas "herméticas" no sentido de que a difusão de moléculas através da vedação pode estar abaixo de uma especificação segundo um protocolo de teste para o "tipo de vedação, ou tipo de processo usado para criar a vedação". Por exemplo, componentes eletrônicos como baterias podem ter um volume de ar ou volume "equivalente a uma quantidade de ar" em seu interior, e uma especificação hermética pode referir-se a uma vedação que tem uma taxa de vazamento menor do que um certo nível que substituiria 50% do volume do dispositivo com ar pelo lado de fora da vedação. Uma forma ampla de uma bateria tubular pode ser formada através de um ou mais processos a serem discutidos nas seções a seguir do relatório descritivo, em que um baixo nível de vazamento pode ser medido para determinar se a vedação é hermética para a determinada bateria. Na prática, baterias tubulares pequenas ou microbaterias, como aquelas de acordo com a presente descrição, podem ter um volume na ordem de  $10^{-4}$  cm<sup>-3</sup> em alguns exemplos. A capacidade do equipamento de detecção de vazamentos para medir uma taxa de vazamento suficientemente baixa para garantir que uma vedação da microbateria é "hermética" pode estar além da tecnologia atual de detecção de vazamentos;

no entanto, a vedação da microbateria pode ser denominada hermética, pois o mesmo processamento e materiais, quando aplicados a um formato amplo da bateria, resulta em uma baixa taxa de vazamento mensurável, suficiente para considerar o processamento e materiais de vedação como sendo "herméticos".

[0076] Com referência à Figura 2A, pode-se encontrar um exemplo básico de uma bateria em forma tubular, um compartimento de metal básico com uma bateria isolada 200. No exemplo, dois componentes metálicos, o contato de anodo 211 e o contato de catodo 221, formam tubos de metal que circundam o material. Os produtos químicos de anodo 212 podem estar situados dentro do contato de anodo 211. E, os produtos químicos de catodo 222 podem estar situados dentro do contato de catodo 221. Em alguns exemplos, os produtos químicos de catodo 222 e os produtos químicos de anodo 212 podem ser separados por um separador 240. Os contatos da bateria precisam estar isolados um do outro para formar uma bateria funcional, uma vez que uma conexão elétrica poderia fazer com que a química da bateria fosse consumida. No exemplo básico da Figura 2A, um isolante 230 separa eletricamente o anodo e o catodo.

[0077] Conforme ilustrado, o isolante 230 pode ser uma peça física que atua por si só no confinamento do material dentro da bateria, e como parte da barreira de difusão para inibir a transferência química para dentro ou para fora da bateria. Em uma seção mais adiante, uma descrição de diversos tipos de vedações, incluindo lacres herméticos e técnicas para formar os mesmos, é discutida. Exemplos de vedações no exemplo da Figura 2A podem ser de vedações de metal a cerâmica, ou de metal a vidro. O exemplo da Figura 2A tem ao menos dois desses lacres na vedação 231 e na vedação 232, por exemplo.

[0078] Agora com referência à Figura 2B, uma bateria em forma tubular alternativa 250 com uma estrutura similar à do dispositivo da

Figura 2A é ilustrada. A bateria em forma tubular alternativa 250 pode ter uma região de anodo 260 com um contato de anodo 261 e produtos químicos de anodo 262. Ela também pode ter uma região de catodo 270 com uma forma tubular metálica contendo os produtos químicos de catodo 272 e definindo um contato de catodo 271. A peça isolante 280 que separa o contato de anodo 261 e o contato de catodo 271 pode ter vedações de isolante a metal, conforme ilustrado na vedação 281 e na vedação 282. Como no exemplo da Figura 2A, as vedações de isolante a metal podem ser lacres herméticos em alguns exemplos. O isolante pode separar eletricamente o anodo 260 e o catodo 270, mas o separador 290 pode separar fisicamente o anodo 260 e o catodo 270. Nesse segundo exemplo, existem novamente materiais sólidos que compreendem o contato de anodo, o contato de catodo, e o dispositivo isolante, que bloqueia significativamente a difusão de moléculas e átomos através de seu contorno. Os lacres herméticos na vedação 281 e na vedação 282 podem resultar, de modo geral, em uma bateria em forma tubular hermeticamente lacrada.

[0079] Agora com referência à Figura 3, outro exemplo de uma bateria em forma tubular é ilustrado. Em uma bateria em forma tubular sobreposta 300, uma lata de metal sobre o anodo ou o catodo pode se sobrepor significativamente a uma peça isolante, que pode ser significativamente subposta por uma lata de metal sobre a outra região da bateria. Especificamente, na forma ilustrada, o anodo 310 tem uma lata de metal que também atua como o contato de anodo 311 e circunda os produtos químicos de anodo 312. A lata de metal do anodo, no design ilustrado, também se sobrepõe significativamente à peça isolante 330, que por si só é significativamente subposta pela lata de metal da região de catodo 320. A lata de metal de catodo circunda os produtos químicos de catodo 322 e é o contato de catodo 321. Os produtos químicos de catodo 322 e os produtos químicos de anodo 312

estão fisicamente separados no exemplo pelo separador 340. Nas ilustrações de tubo, um ou ambos dentre os produtos químicos de anodo ou de catodo podem ser mostrados sob uma forma em bloco, para fins de ilustração; enquanto que em alguns exemplos, a forma física pode ser parecida com a ilustração, em outros exemplos os próprios produtos químicos podem ser filmes que revestem uma porção do espaço. O exemplo da bateria em forma tubular sobreposta 300 pode demonstrar uma quantidade máxima de superfícies vedantes entre o metal e as peças isolantes. Estas vedações são mostradas na vedação 331 e na vedação 332, que, como pode ser visto, sobrepõem-se a uma fração significativa do tamanho da bateria tubular.

[0080] Com referência à Figura 4, uma forma tubular alternativa 400 é ilustrada. Em exemplos deste tipo, uma peça isolante central 430 faz interface com terminações de metal para os contatos externos. A região de anodo exemplificadora 410 pode incluir um contato de metal de anodo 411 e produtos químicos de anodo 412. Uma vedação 431 da peça isolante central 430 pode ser feita com o contato de metal de anodo 411. Na região de catodo exemplificadora 420 pode haver um contato de metal de catodo 421 e produtos químicos do catodo 422, bem como uma vedação 432 entre a peça isolante central 430 e o contato de metal do catodo 421. Este tipo de configuração pode ter a menor área para uma vedação agir dentre os diversos exemplos. A peça isolante central separa eletricamente o contato de catodo e de anodo, um separador 440 separa fisicamente os produtos químicos de anodo 412 e os produtos químicos de catodo 422.

[0081] Com referência à Figura 5, uma bateria em forma tubular alternativa 500 é ilustrada, com um layout lateral dos produtos químicos de anodo e de catodo. Tal layout pode ser, ainda, formado em uma microbateria em forma de tubo e pode permitir a área em seção transversal mais alta para o separador 550 que faz interface com e se-

para os produtos químicos de anodo 512 e os produtos químicos de catodo 522. Na ilustração, a região de topo pode ser a região de anodo 510 com produtos químicos de anodo 512 e um contato de anodo 511, e uma vedação de anodo 531 em torno do contato de anodo 511. Em alguns exemplos, uma única peça isolante 530 pode ser formada com orifícios em uma extremidade para os contatos de anodo e de catodo, em alguns outros exemplos pode haver duas ou mais peças isolantes, em que a peça de topo pode ser uma peça separada com orifícios para os contatos de anodo e de catodo. Na ilustração, a região de fundo pode ser a região de catodo 520 com os produtos químicos de catodo 522, um contato de catodo 521, e uma vedação de catodo 532 ao redor do contato de catodo 521.

[0082] Com referência às Figuras 6A a 6F, a formação de uma bateria em forma tubular é ilustrada. Um tubo 610 na Figura 6A de um material isolante, como vidro ou cerâmica, pode ser cortado até um comprimento desejado, conforme ilustrado na Figura 6B. Em alguns exemplos, o vidro pode incluir borossilicato, vidros vedantes para Kovar e outros metais, quartzo, soda-cal, aluminossilicato, vidro neutro, e vidro de chumbo, como exemplos não limitadores. Em alguns exemplos, o tubo 610 pode ser uma cerâmica, e exemplos dos tipos de cerâmica podem incluir alumina, sílica, zircônia, zircônia estabilizada, zircônio, mulita, cordierita, magnésia, carbureto de silício, porcelana. Na Figura 6C, um exemplo de um contato elétrico de fio metálico, que pode ser um contato de anodo 621, é ilustrado. Em alguns exemplos, o fio metálico pode ser um fio de zinco. Em outros exemplos, pode ser um fio de outro metal como latão, que pode ser revestido com zinco 620. O fio pode ser circundado e vedado com um material de vedação 622.

[0083] Nas seções a seguir, vários tipos de vedação são discutidos, sendo que muitos exemplos dos mesmos são compatíveis com o

material de vedação 622 ilustrado. Na Figura 6D, outro fio metálico 630 pode ser usado para formar um contato de catodo. Em alguns exemplos, o fio metálico pode ser um fio de titânio. O fio pode ter um depósito de material de catodo 631 que circunda o mesmo. Outro material de vedação 632 pode circundar o fio de catodo 630. Com referência à Figura 6E, o tubo 610 pode ter um pavio 641 que pode ser um filme de poliolefina ou um filme celulósico. Em alguns exemplos, ele pode ser uma fibra celulósica que abrange a região de anodo até a região de catodo. O pavio 641 pode estar posicionado em um volume de eletrólito 640 colocado no interior do tubo. Em alguns exemplos, o eletrólito pode ser uma solução aquosa, como uma solução de  $ZnCl_2$ . Em alguns outros exemplos, o eletrólito pode ser um eletrólito polimérico. Alguns aspectos das diferentes opções de eletrólito serão discutidos em seções posteriores da presente invenção. Prosseguindo para a Figura 6F, os vários componentes ilustrados nas Figuras 6E, 6D e 6C podem ser montados para formar uma bateria em forma de tubo. As vedações entre o material de vedação 622 e o tubo 610, e o material de vedação 632 e o tubo 610, podem compreender vários tipos de vedações, conforme discutido nas seções a seguir. Em alguns exemplos, o pavio 641 pode ser um separador completo que pode manter separados os produtos químicos de bateria mais densamente embalados, em oposição à separação física, conforme ilustrado nas Figuras 6A a 6F.

[0084] Em alguns exemplos, terminações de metal podem ser adicionadas como uma variação de design. Os dois fios metálicos podem ser embutidos em um corpo adesivo isolante em formato tubular em qualquer extremidade. O adesivo em formato tubular pode estar contido parcialmente dentro do recipiente tubular isolante da bateria, e pode também projetar-se parcialmente para além do recipiente da bateria. Em alguns exemplos, adesivos podem aderir e vedar os terminais

do fio e o recipiente isolante. O adesivo isolante pode conter os fluidos da bateria e evitar o vazamento dos fluidos para o exterior. O adesivo pode ser um termofixo, termoplástico, ou combinação dos dois.

[0085] Com referência à Figura 7, um exemplo de uma bateria em forma de tubo, que inclui um contato de catodo em forma de fio, é ilustrado. O exemplo pode compreender dois tubos, um tubo oco 711 e um tubo em forma de lata 710, que juntos podem formar o contato de anodo. Os produtos químicos de anodo 715 podem ser depositados ou, de outro modo, usados para preencher o tubo em forma de lata 710. Em alguns exemplos, os produtos químicos de anodo 715 podem incluir zinco folheado. O tubo em forma de lata 710 pode ser vedado ao tubo oco 711 com uma vedação de metal com metal 720. No exemplo, pode haver um fio metálico 740 que pode ser revestido com os produtos químicos de catodo 730. Em alguns exemplos, os produtos químicos de catodo 730 podem incluir dióxido de manganês folheado. O fio metálico 740 pode formar um contato de catodo. O fio metálico 740 pode ser formado de titânio, em alguns exemplos. Uma peça de cerâmica isolante 760 pode formar o isolamento elétrico entre o catodo formado pelo fio metálico 740 e o contato de anodo produzido a partir da combinação do tubo oco 711 com o tubo em forma de lata 710. Uma vedação de cerâmica com metal 761 pode ser formada entre o tubo oco 711 e a peça de cerâmica isolante 760. Da mesma forma, uma vedação 762 pode ser formada entre a peça de cerâmica isolante e o fio metálico 740.

[0086] Com referência à Figura 8, é ilustrado ainda outro exemplo de uma bateria em forma de tubo que inclui um contato de catodo em forma de fio e um contato de anodo em forma de fio. O exemplo pode compreender dois tubos, um primeiro tubo oco 800, e um segundo tubo oco 840, que juntos podem conter os produtos químicos de anodo e de catodo, e formulações eletrolíticas. No exemplo ilustrado, um fio de

zinco 820 pode formar tanto o contato de anodo como os produtos químicos de anodo. Em alguns exemplos o fio de zinco 820 pode também ser espessado em partes, incluindo o zinco folheado. O primeiro tubo oco 800 pode ser vedado ao segundo tubo oco 840 com uma vedação de metal com metal 830. No exemplo, pode haver um fio metálico 850 que pode ser revestido com produtos químicos de catodo, conforme ilustrado, com o depósito 860. Em alguns exemplos, os produtos químicos de catodo podem incluir dióxido de manganês folheado. O fio metálico pode formar um contato de catodo. O fio metálico pode ser formado de titânio, em alguns exemplos. Uma peça cerâmica isolante 870 pode formar o isolamento elétrico entre o catodo formado de fio metálico 850 e o segundo tubo oco 840. Por outro lado, a bateria exemplificadora pode ser o fio de contato de anodo formado de um fio de zinco 820, que pode ser isolado por uma segunda peça de cerâmica isolante 810. Uma vedação de cerâmica com metal 871 pode ser formada entre o tubo oco 840 e a peça de cerâmica isolante 870. Da mesma forma, uma vedação 872 pode ser formada entre a peça de cerâmica isolante 870 e o fio metálico 850. Uma vedação de cerâmica com metal 811 também pode ser formada entre o tubo oco 800 e a peça de cerâmica isolante 810. Da mesma forma, uma vedação 812 pode ser formada entre a peça de cerâmica isolante 810 e o fio metálico 800.

[0087] Com referência à Figura 9, é ilustrado ainda outro exemplo de uma bateria em forma de tubo que inclui um semicondutor dopado. O uso de semicondutores dopados pode reduzir drasticamente a quantidade de borda de vedação, que é necessária na bateria, uma vez que o contato elétrico é feito através do tubo pela região altamente dopada. As regiões não-dopadas podem formar isolantes entre as regiões de anodo e catodo. Durante a fabricação, a bateria pode ser formada por duas peças de semicondutor em forma de lata, altamente dopadas nas

extremidades, que podem ser unidas por uma junção 930 de semicondutor a semicondutor. Um semicondutor altamente dopado, quando revestido com um filme metálico como titânio, ou quando reagido para formar um silicieto como silicieto de titânio, pode formar um contato ôhmico de baixa resistência. Uma vez que o semicondutor pode ser relativamente delgado, o resultado pode ser um contato de baixa resistência desprovido de quaisquer junções. Se a junção 930 de semicondutor a semicondutor estiver situada em uma região de um separador, pode haver pouca sobreposição da química interna com uma junção. Novamente com referência à Figura 9, o dispositivo exemplificador pode compreender dois tubos, uma primeira lata semicondutora oca 900 e uma segunda lata semicondutora oca 950, que, juntas, podem conter os produtos químicos de anodo e de catodo, e as formulações eletrolíticas. No exemplo ilustrado, um filme metálico 915 pode formar um contato de anodo interno. A primeira lata semicondutora oca 900 pode ter uma região altamente dopada 910. Em alguns exemplos, a região altamente dopada pode ser dopada com um dopante de tipo N, como fósforo. Uma camada de metal externa 925 pode formar o contato de anodo externo. Os produtos químicos de anodo 920 podem estar situados na lata. O anodo pode ser composto por filmes depositados, pasta aquosa, ou plugues sólidos nos exemplos. A primeira lata semicondutora oca 900 pode ser vedada à segunda lata semicondutora oca 950 com uma junção de semicondutor a semicondutor 930, e em alguns exemplos um separador colocalizado 960. No exemplo, pode haver um filme metálico 975 que pode ser revestido com produtos químicos, conforme ilustrado com o depósito 940. Em alguns exemplos, os produtos químicos de catodo podem incluir dióxido de manganês folheado. Uma região altamente dopada 970 pode formar o contato elétrico através da segunda lata semicondutora oca 950, e pode ter um depósito de metal externo para formar o contato de catodo 965.

### Vedações internas do elemento de bateria

[0088] Em alguns exemplos de elementos de bateria para uso em dispositivos biomédicos, a ação química da bateria envolve a química aquosa, onde água ou umidade é um constituinte importante a ser controlado. Assim, pode ser importante incorporar mecanismos de vedação que retardem ou evitem o trânsito de umidade tanto para fora quanto para dentro do corpo da bateria. Barreiras à umidade podem ser projetadas para manter o teor de umidade interna em um nível designado, dentro de certa tolerância. Em alguns exemplos, uma barreira de umidade pode ser dividida em duas seções ou componentes; especificamente, a embalagem e a vedação.

[0089] A embalagem pode referir-se ao material principal do invólucro. Em alguns exemplos, a embalagem pode compreender um material a granel. A taxa de transmissão de vapor d'água (WVTR) pode ser um indicador do desempenho, com os padrões ISO e ASTM controlando o procedimento de teste, incluindo as condições ambientais operantes durante o teste. Idealmente, a WVTR para uma boa embalagem da bateria pode ser "zero". Materiais exemplificadores com uma WVTR quase zero podem ser vidro e laminados metálicos, bem como peças de cerâmica e metálicas. Plásticos, por outro lado, podem ser inerentemente porosos à umidade e podem variar significativamente se tratando de diferentes tipos de plástico. Materiais projetados, laminados, ou coextrudados podem geralmente ser híbridos dos materiais de embalagem comuns.

[0090] A vedação pode ser a interface entre duas das superfícies de embalagem. A conexão das superfícies de vedação finaliza o invólucro juntamente com a embalagem. Em muitos exemplos, a natureza dos designs de vedação pode torná-los difíceis de caracterizar em relação à WVTR da vedação devido à dificuldade em se realizar medições usando um padrão ISO ou ASTM, por exemplo, o tamanho da

amostra ou área superficial podem não ser compatíveis com estes procedimentos. Em alguns exemplos, uma forma prática de testar a integridade de vedação pode ser um teste funcional do design real da vedação, em relação a algumas condições definidas. O desempenho da vedação pode ser uma função do material de vedação, da espessura da vedação, do comprimento da vedação, da largura de vedação e da adesão ou intimidade da vedação com os substratos da embalagem.

[0091] Em alguns exemplos, as vedações podem ser formadas por um processo de soldagem que pode envolver processamento térmico, a laser, por solvente, por fricção, ultrassônico ou de arco. Em outros exemplos, vedações podem ser formadas através do uso de selantes adesivos como colas, epóxis, acrílicos, borracha natural, borracha sintética, resinas, alcatrões, ou betume. Outros exemplos podem derivar da utilização de material tipo guarnição que pode ser formado a partir de borracha natural e sintética, poli(tetrafluoroetileno) (PTFE), polipropileno e silicones, para mencionar alguns exemplos não limitadores. Em alguns exemplos, o material de vedação pode ser um termofixo, um termoplástico, ou uma combinação de um termofixo e um termoplástico.

[0092] Em alguns exemplos, as baterias de acordo com a presente invenção podem ser projetadas para ter uma vida operacional especificada. A vida operacional pode ser estimada através da determinação de uma quantidade prática de permeabilidade à umidade que pode ser obtida usando um sistema de bateria particular e, então, estimando quando um vazamento de umidade tal pode resultar em uma condição de fim de vida útil para a bateria. Por exemplo, se uma bateria é armazenada em um ambiente úmido, então a diferença da pressão parcial entre parte interna e externa da bateria será mínima, resultando em uma taxa de perda de umidade reduzida e, assim, a vida da bateria

pode ser estendida. A mesma bateria exemplificadora armazenada em um ambiente particularmente seco e quente pode ter um ciclo de vida significativamente reduzido devido à forte função de acionamento para perda de umidade.

Vedações de Metal/Metal, Metal/Vidro, Metal/Cerâmica, Vidro/Vidro, Semicondutor/Semicondutor e Metal/Semicondutor

[0093] Pode haver diversas maneiras de se formar uma interface hermética ou bem vedada entre materiais sólidos que podem agir como confinamento para a química da bateria. Meios típicos para a formação de uma ligação mecânica hermética adequada entre materiais sólidos incluem brasagem, soldagem forte, e soldagem. Esses métodos podem ser vistos como amplamente similares, uma vez que todos eles incluem tratamento térmico de ambos os materiais de base (os materiais a serem ligados, que podem ser materiais homogêneos ou heterogêneos) e do material de carga que liga os dois materiais de base. As principais distinções que existem entre estes métodos podem ser vistas como as temperaturas específicas que são usadas para aquecer os materiais em cada método, e de como essas temperaturas afetam as propriedades de cada material, quando aplicadas durante um período de tempo. Mais especificamente, tanto a brasagem (solda forte) como a soldadura (solda fraca) podem usar uma temperatura que está acima da temperatura de liquefação do material de carga, mas abaixo da temperatura de solidificação de ambos os materiais de base. A principal distinção que pode existir entre a brasagem e a soldadura pode ser vista como a temperatura específica que é aplicada. Por exemplo, se a temperatura aplicada estiver abaixo de 450°C, o método pode ser chamado de soldadura, e pode ser chamado de brasagem se a temperatura aplicada estiver acima de 450°C. A soldagem, no entanto, pode usar uma temperatura aplicada que está acima da temperatura líquida do material de carga e dos materiais de base.

[0094] Cada um dos métodos anteriormente mencionados pode operar para uma variedade de combinações de materiais, e as combinações específicas de materiais têm a capacidade de ser ligadas uma a outra através de mais de um destes métodos. A melhor escolha dentre esses métodos, para a união de dois materiais, pode ser determinada por qualquer número de características, incluindo, mas não se limitando a, propriedades específicas de material e temperaturas líquidas dos materiais desejados, outras propriedades térmicas da ligação ou dos materiais de carga desejados, a prática, temporização, e precisão do trabalhador ou da ligação por máquina dos dois materiais, e um nível aceitável de danos mecânicos ou à superfície dos materiais ligados através de cada método. Em alguns exemplos, consistentes com a presente invenção, os materiais usados para a união de dois materiais podem incluir metais puros, como ouro, prata, índio e platina. Podem incluir também ligas como ligas de prata-cobre, prata-zinco, cobre-zinco, cobre-zinco-prata, cobre-fósforo, prata-cobre-fósforo, ouro-prata, ouro-níquel, ouro-cobre, índio, e alumínio-silício. Podem incluir também ligas de brasagem ativas como ligas de brasagem de titânio ativas, que podem incluir ouro, cobre, níquel, prata, vanádio ou alumínio. Pode haver outros materiais de solda que podem ser consistentes com as necessidades de vedação mencionadas na presente divulgação.

[0095] Diferentes combinações de materiais para cada um destes métodos de ligação podem incluir metal/metal, metal/vidro, metal/cerâmica, vidro/vidro, semicondutor/semicondutor, e metal/semicondutor.

[0096] Em um primeiro tipo de exemplo, pode ser formada uma vedação de metal com vedação de metal. Soldadura, brasagem, e soldagem são todas muito comumente usadas para ligações metal/metal. Uma vez que as propriedades de material de diversos metais podem

variar amplamente de metal para metal, a temperatura líquida de um metal pode ser tipicamente a característica decisiva quanto ao método de ligação a ser usado com um metal desejado, por exemplo, um metal de base pode ter uma temperatura líquida tão baixa que ela irá se fundir rapidamente a temperaturas de brasagem, ou um metal de base pode ter uma temperatura líquida tão alta que ela não responde quimicamente a temperaturas de soldadura para formar uma ligação adequada.

[0097] Em outro tipo de exemplo, uma ligação de metal com vidro (ou de vidro com metal) pode ser formada. Devido à não homogeneidade do metal e do vidro como materiais, métodos de ligação de metal/metal típicos podem não ser úteis para a ligação de metais com vidro. Por exemplo, materiais de carga típicos usados em uma soldadura metal/metal podem se ligar bem a um metal, mas podem não reagir com vidro para se ligar a sua superfície sob tratamento térmico. Uma possibilidade para superar esse problema pode ser o uso de outros materiais, como epóxis, que se ligam a ambos os materiais. Epóxis típicos têm grupos hidroxila pendentes em sua estrutura, que podem permitir que os mesmos se liguem a materiais inorgânicos. O epóxi pode ser aplicado de forma fácil e barata entre os materiais, ligando-se ubiquamente a muitos tipos de superfícies. Os epóxis podem ser facilmente curados, tanto antes como após a aplicação, através de muitos métodos, como uma mistura de produtos químicos que são, então, rapidamente aplicados, radiação térmica, óptica, ou de outros tipos que introduzem energia ao epóxi para induzir uma reação de ligação/cura, ou através de outros métodos. Diversos tipos diferentes de epóxis podem ter desejabilidades diferentes para aplicações diferentes, com base em diversas propriedades diferentes, incluindo, mas não se limitando a, força de ligação, facilidade de aplicação, método de cura, tempo de cura, materiais ligáveis, e muitos outros. Para se obter

uma vedação hermética verdadeira com epóxi, é importante considerar as taxas de vazamento de certos fluidos através do epóxi. Uma vedação hermética com epóxi, no entanto, oferece a flexibilidade de se usar ligas de cobre para fios ou pinos, ao mesmo tempo em que se mantém um lacre hermético, ao contrário de materiais que são menos condutivos que são necessários para outros tipos de ligação ou vedação hermética. Vedações de epóxi, contudo, são, tipicamente viáveis sob faixas de temperatura de operação muito mais restritas que outros métodos de ligação, e podem ter também uma força de ligação substancialmente mais baixa.

[0098] Em outro tipo de exemplo, uma ligação de metal com cerâmica (ou de cerâmica com metal) pode ser formada. A brasagem pode ser vista como um método típico para se obter uma ligação entre metal e cerâmica, e há uma grande quantidade de métodos testados e aprovados para a obtenção de um lacre hermético entre os materiais. Isso pode incluir o método de folheamento com molibdênio-manganês/níquel, onde partículas de molibdênio e manganês são misturadas com aditivos de vidro e veículos voláteis para formar um revestimento que é aplicado à superfície de cerâmica a ser soldada por brasagem. Este revestimento é processado e, então, revestido com níquel e processado adicionalmente, para ser agora prontamente soldado por brasagem usando-se métodos padrão e materiais de carga.

[0099] A deposição de um filme fino pode também ser vista como outro método de brasagem comumente usado. Neste método, uma combinação de materiais pode ser aplicada a uma superfície não metálica usando-se o método de deposição física de vapor (PVD). A escolha de materiais aplicados pode depender das propriedades de material ou das espessuras de camada desejadas, e ocasionalmente múltiplas camadas são aplicadas. Este método apresenta diversas vantagens, incluindo uma ampla diversidade de metais possíveis para apli-

cação, bem como rapidez e sucesso consistente comprovado com materiais padrão. Existem desvantagens, entretanto, incluindo a necessidade de equipamento de PVD especializado para aplicar os revestimentos, a necessidade de técnicas de mascaramento complicadas se for desejado mascaramento, e restrições geométricas com a cerâmica que podem impedir espessuras de revestimento uniformes. A camada de PVD pode incluir constituintes como titânio, zircônio e háfnio, e em alguns exemplos, pode ter entre 100 nanômetros e 250 nanômetros de espessura. Em alguns exemplos, uma sobrecamada nobre pode ser depositada, que compreende constituintes como ouro, paládio, platina ou prata, como exemplos não limitadores.

Ligação de material Nanofoil®

[00100] Um produto disponível comercialmente denominado Nanofoil®, um material de nanotecnologia disponível junto à Indium Corporation, pode fornecer um exemplo significativo quando for necessária a vedação de um confinamento de metal, cerâmica e/ou semicondutor para baterias. Em alguns exemplos, pode ser desejável que quaisquer efeitos térmicos na formação da vedação estejam localizados tão próximos quanto possível do próprio lacre. Materiais compósito como o material Nanofoil® podem proporcionar localização térmica significativa durante a formação de lacres herméticos ligados. Filmes compósito do tipo Nanofoil® podem ser produzidos em centenas ou milhares de níveis de filme em nanoescala. Em um exemplo, uma folha multicamada reativa é fabricada por deposição a vapor de milhares de camadas alternadas de alumínio (Al) e níquel (Ni). Estas camadas podem ter nanômetros de espessura. Quando ativada por um pequeno pulso de energia local a partir de fontes elétricas, ópticas ou térmicas, a folha metálica reage exotermicamente. A reação exotérmica resultante produz uma quantidade quantificável de energia em milésimos de segundos, que se aquece até atingir temperaturas locais muito al-

tas nas superfícies, mas pode ser controlada para não fornecer uma quantidade total de energia que aumentaria a temperatura nas peças de metal, cerâmica ou semicondutoras que estão sendo vedadas. Prosseguindo para a Figura 10A, uma porção do lacre 830 da bateria ilustrada na Figura 8 é destacada. Na Figura 10B é produzido um exemplo de camadas relacionadas à vedação antes de uma ativação de um nanofoil. Um primeiro tubo oco 800 e um segundo tubo oco 840 podem ser revestidos com uma camada de solda pré-umedecida em cada lado, para uma primeira camada de solda 1010 e uma segunda camada de solda 1030. Um pedaço de material Nanofoil® 1020 pode estar situado entre as duas camadas de solda. Quando o material Nanofoil® é ativado, ele pode fundir localmente as camadas de solda e formar um lacre 830. A ilustração representa uma junção do tipo topo, mas muitas outras estruturas de junção podem ser possíveis, incluindo designs de sobreposição, designs pregueados, e outros tipos de junções, onde uma peça de Nanofoil pode estar situada entre duas superfícies a serem vedadas e que têm superfícies revestidas com solda.

#### Vedação S-Bond®

[00101] Um exemplo similar à ligação de material Nanofoil® pode ser a ligação de material S-Bond®. O material S-Bond pode compreender uma base de liga de soldadura convencional com a adição, ao material, de titânio, ou de outros elementos de terras raras, e está disponível junto à S-Bond Technologies. Os materiais ativos como titânio reagem com óxidos ou outros materiais inertes em uma interface de ligação, e se ligam quimicamente aos mesmos ou os transporta para o material fundido de solda. Mediante aquecimento, os materiais S-Bond® podem se fundir, mas ainda apresentam um óxido superficial delgado sobre os mesmos. Quando o óxido superficial é rompido, reações de material ativo ocorrem com as regiões de superfície da ligação/vedação. O óxido pode ser rompido por processos de raspagem,

mas também pode ser rompido por ultrassom. Portanto, uma reação de superfície pode ser iniciada a uma temperatura relativamente baixa, e uma ligação pode ser feita aos materiais que poderiam ser difíceis de se ligar de outro modo. Em alguns exemplos, o material S-Bond® pode ser combinado com o material Nanofoil® para formar uma estrutura que pode ser unida localmente, sem carga térmica significativa no restante do sistema de bateria.

#### Ligação com silício

[00102] Em alguns exemplos, uma ligação com silício pode ser obtida com o material S-Bond®. A composição de S-Bond® 220M pode ser usada em alguns exemplos para formar uma interface soldável. O material S-Bond® 220M pode ser depositado sobre a superfície de silício a ser ligada/vedada a temperaturas na faixa de 115 a 400°C. Portanto, peças de silício em formato de lata podem ser fortemente dopadas na extremidade fechada, ou através do uso de filmes dopados como POCl, através de implantação, ou através de outros meios de dopagem. Outros meios podem incluir oxidação do corpo do semicondutor e, então, desbaste/ataque químico do óxido em regiões onde o dopante é desejado. As regiões dopadas podem, então, ser expostas a titânio e aquecidas para formar um silicieto. As regiões das latas de silício que são usadas para formar os lacres podem ter material S-Bond 220M aplicado às mesmas, e aquecido para umedecer a superfície de silício, ou a superfície de silicieto. Em alguns exemplos, um filme de material Nanofoil® pode ser aplicado à região de vedação, para ativação subsequente. A química da bateria, o eletrólito e as outras estruturas podem ser formados nas metades da lata, e, então, as duas metades podem ser colocadas juntas. Mediante ativação simultânea por ultrassom e ativação do material Nanofoil®, uma vedação hermética rápida e de baixa temperatura pode ser formada.

#### Espessura do módulo da bateria

[00103] Ao se projetar componentes de bateria para aplicações biomédicas, concessões entre os vários parâmetros podem ser feitas para equilibrar requisitos técnicos, de segurança e funcionais. A espessura do componente de bateria pode ser um parâmetro importante e limitador. Por exemplo, em uma aplicação de lente óptica, a capacidade de um dispositivo ser usado confortavelmente por um usuário pode depender criticamente da espessura pelo dispositivo biomédico. Portanto, pode haver aspectos permissivos críticos ao se projetar a bateria buscando resultados mais finos. Em alguns exemplos, a espessura da bateria pode ser determinada pelas espessuras combinadas das espessuras das folhas superior e inferior, lâminas espaçadoras e camada adesiva. Aspectos práticos de fabricação podem motivar certos parâmetros da espessura do filme para valores padrão no estoque de lâmina disponível. Além disso, os filmes podem ter valores mínimos de espessura aos quais eles podem ser especificados com base em considerações técnicas relacionadas à compatibilidade química, impermeabilidade gasosa / à umidade, acabamento da superfície e compatibilidade com revestimentos que podem ser depositados sobre as camadas de filme.

[00104] Em alguns exemplos, uma espessura desejada ou alvo de um componente de bateria finalizado pode ser uma espessura do componente que é menor que 220  $\mu\text{m}$ . Nestes exemplos, esta espessura desejada pode ser motivada pela geometria tridimensional de um dispositivo de lente oftálmica exemplificador, sendo que o componente de bateria pode precisar ser encaixado dentro do volume disponível definido pelo conforto do usuário final com a forma de uma lente hidrogel, pela biocompatibilidade e pelas restrições de aceitação. Este volume e seu efeito sobre as necessidades de espessura do componente de bateria pode ser uma função da especificação da espessura total do dispositivo, bem como da especificação do dispositivo referente a

sua largura, ângulo cônico e diâmetro interno. Outra consideração de design importante para o design de componente de bateria resultante pode se referir ao volume disponível para produtos químicos e materiais ativos de bateria em um determinado design de componente de bateria com relação à energia química resultante que pode resultar deste design. Esta energia química resultante pode, então, ser equilibrada para os requisitos elétricos de um dispositivo biomédico funcional, em relação à sua vida útil alvo e condições operacionais.

Largura do módulo de bateria

[00105] Pode haver várias aplicações nas quais os elementos de energização biocompatíveis ou baterias da presente invenção podem ser utilizados. Em geral, o requisito de largura da bateria pode ser em grande parte uma função da aplicação na qual ela está aplicada. Em um caso exemplificador, um sistema de bateria de lente de contato pode ter necessidades restritas para a especificação em relação à largura de um componente de bateria modular. Em alguns exemplos de um dispositivo oftálmico onde o dispositivo tem uma função óptica variável energizada por um componente de bateria, a porção óptica variável do dispositivo pode ocupar uma região esférica central de cerca de 7,0 mm em diâmetro. Os elementos de bateria exemplificadores podem ser considerados um objeto tridimensional, que encaixa como uma saia anular cônica ao redor da óptica central e formada em formato de um anel cônico truncado. Se o diâmetro máximo necessário do elemento de inserção rígido for um diâmetro de 8,50 mm e tangência a uma certa esfera do diâmetro pode ser visada (como, por exemplo, em um diâmetro de aproximadamente 8,40 mm), então a geometria pode ditar qual a largura permissível da bateria. Pode haver modelos geométricos que podem ser úteis para calcular as especificações desejáveis para a geometria resultante que, em alguns exemplos, pode ser chamada de tronco cônico achatado em um setor de um anel.

[00106] A largura da bateria achatada pode ser motivada por duas características do elemento de bateria, os componentes ativos de bateria e largura de vedação. Em alguns exemplos relacionados a dispositivos oftálmicos uma espessura alvo pode estar entre 0,100 mm e 0,500 mm por lado, e os componentes de bateria ativos podem ser almeçados em aproximadamente 0,800 mm de largura. Outros dispositivos biomédicos podem ter restrições de design diferentes, mas os princípios para elementos de bateria plana flexível podem ser aplicados de forma similar.

Flexibilidade do módulo de bateria

[00107] Outra dimensão de relevância ao design da bateria e ao design dos dispositivos relacionados que utilizam fontes de energia com base em baterias é a flexibilidade do componente de bateria. Pode haver várias vantagens conferidas por formas de bateria flexível. Por exemplo, um módulo de bateria flexível pode facilitar a capacidade previamente mencionada de se fabricar a forma da bateria em uma forma plana bidimensional (2D). A flexibilidade da forma pode permitir que a bateria bidimensional seja então formada em um formato apropriado 3D para encaixar em um dispositivo biomédico como uma lente de contato.

[00108] Em outro exemplo dos benefícios que podem ser conferidos pela flexibilidade no módulo de bateria, se a bateria e o dispositivo subsequente são flexíveis, então pode haver vantagens referentes ao uso do dispositivo. Em um exemplo, uma forma da lente de contato de um dispositivo biomédico pode ter vantagens em relação à inserção/remoção da lente de contato com base em inserto de mídia, que pode estar mais próxima à inserção/remoção de uma lente de contato de hidrogel não preenchida padrão.

[00109] O número de flexões pode ser importante no projeto da bateria. Por exemplo, uma bateria que pode flexionar apenas uma vez,

de uma forma plana para um formato adequado para uma lente de contato, pode ter um design significativamente diferente de uma bateria capaz de múltiplas flexões. A flexão da bateria pode também ir além da capacidade de sobreviver mecanicamente ao evento de flexão. Por exemplo, um eletrodo pode ser fisicamente capaz de flexionar sem quebrar, mas as propriedades mecânicas e eletroquímicas do eletrodo podem ser alternadas pela flexão. As mudanças induzidas pela flexão podem parecer instantaneamente, por exemplo, como mudanças na impedância, ou a flexão pode introduzir mudanças que são apenas evidentes em testes de vida útil a longo prazo.

#### Aspectos de formato da bateria

[00110] Os requisitos de formato da bateria podem ser motivados, pelo menos em parte, pela aplicação na qual a bateria deverá ser usada. Fatores de forma da bateria tradicional podem ser formas cilíndricas ou prismas retangulares, feitos de metal, e podem ser voltados para produtos que exigem grandes quantidades de energia por longas durações. Estes pedidos podem ser grandes o suficiente para compreender baterias de fator de forma grande. Em outro exemplo, as baterias planas de estado sólido (2D) são prismas retangulares finos, tipicamente formados sobre silício ou vidro inflexível. Estas baterias de estado sólido planas podem ser formadas, em alguns exemplos, através do uso de tecnologias de processamento de pastilha de silício. Em outro tipo de fator de forma de bateria, baterias flexíveis de baixo consumo podem ser formadas em um construto de bolsa, usando finas folhas metálicas ou plástico para conter a química da bateria. Estas baterias podem ser feitas planas (2D), e podem ser projetadas para funcionar quando curvadas a uma modesta curvatura fora do plano (3D).

[00111] Em alguns dos exemplos das aplicações de bateria na presente invenção nos quais a bateria pode ser empregada em uma lente

óptica variável, o fator de forma pode exigir uma curvatura tridimensional do componente de bateria, sendo que um raio desta curvatura pode ser da ordem de aproximadamente 8,4 mm. A natureza de tal curvatura pode ser considerada relativamente íngreme e para referência pode se aproximar do tipo de curvatura observado em uma ponta de dedo humano. A natureza de uma curvatura íngreme relativa cria aspectos desafiadores para fabricação. Em alguns exemplos da presente invenção, um componente de bateria modular pode ser projetado de modo a poder ser fabricado em uma forma plana bidimensional e então formado em uma forma tridimensional de curvatura relativa alta.

Separadores do elemento de bateria

[00112] As baterias do tipo descrito na presente invenção podem utilizar um material separador que fisicamente e eletricamente separa as porções do anodo e coletor de corrente do anodo das porções do cátodo e coletor de corrente do cátodo. O separador pode ser uma membrana que é permeável a água e componentes de eletrólito dissolvidos; entretanto, pode ser tipicamente eletricamente não-condutivo. Enquanto uma miríade de materiais separadores comercialmente disponíveis pode ser conhecida aos versados na técnica, o fator de forma inovador da presente invenção pode apresentar restrições únicas em relação à tarefa de seleção do separador, processamento e manuseio.

[00113] Dado que os designs da presente invenção podem ter perfis ultrafinos, a escolha pode ser limitada aos materiais separadores mais finos tipicamente disponíveis. Por exemplo, separadores de aproximadamente 25 microns de espessura podem ser desejáveis. Alguns exemplos que podem ser vantajosos podem ter cerca de 12 microns de espessura. Pode haver vários separadores comerciais aceitáveis que incluem membranas separadoras de monocamada de polietileno microporoso microfibrilado e/ou de tricamada de polipropile-

no-polietileno-polipropileno (PP/PE/PP), como as produzidas pela Celgard (Charlotte, NC, EUA). Um exemplo desejável de material separador pode ser a membrana de tricamada da Celgard M824 PP/PE/PP tendo uma espessura de 12 microns. Exemplos alternativos de materiais separadores úteis para exemplos da presente invenção podem incluir membranas separadoras incluindo celulose regenerada (por exemplo, celofane).

[00114] Enquanto membranas separadoras de tricamada de PP/PE/PP podem ter espessura e propriedades mecânicas vantajosas devido ao seu caráter poliolefínico, elas podem também apresentar várias desvantagens que podem ter que ser superadas para torná-las úteis nos exemplos da presente invenção. O estoque de rolo ou lâmina de materiais separadores de tricamada de PP/PE/PP pode ter várias rugas ou outros erros de forma que podem ser prejudiciais às tolerâncias a nível de micron aplicáveis às baterias aqui descritas. Além disso, os separadores de poliolefina podem precisar ser cortados a tolerâncias ultraprecisas para inclusão nos presentes designs, o que pode implicar o corte a laser como um método exemplificador para formar os coletores de corrente discretos em formas desejáveis com tolerâncias rigorosas. Devido ao caráter poliolefínico destes separadores, certos lasers de corte úteis para micro fabricação podem empregar comprimentos de onda laser, por exemplo, 355 nm, que não são capazes de cortar poliolefinas. As poliolefinas não absorvem consideravelmente a energia a laser e são, assim, sem ablação. Finalmente, os separadores de poliolefina podem não ser inerentemente umidificáveis nos eletrólitos aquosos usados nas baterias aqui descritas.

[00115] No entanto, pode haver métodos para superar estas limitações inerentes a membranas do tipo poliolefínico. A fim de apresentar uma membrana separadora microporosa a um laser de corte de alta precisão para cortar peças em segmentos de arco ou outros designs

vantajosos de separador, a membrana pode precisar ser plana e isenta de rugas. Se estas duas condições não são atendidas, a membrana separadora pode não ser completamente cortada, pois o feixe de corte pode ser inibido como resultado da desfocagem ou da dispersão da energia a laser incidente. Adicionalmente, se a membrana separadora não for plana e isenta de rugas, a precisão da forma e as tolerâncias geométricas da membrana separadora podem não ser suficientemente obtidas. As tolerâncias permissíveis para os separadores dos exemplos atuais podem ser, por exemplo, +0 microns e -20 microns com relação aos comprimentos e/ou raios característicos. Pode haver vantagens em tolerâncias mais rigorosas de +0 microns e -10 microns e também para tolerâncias de +0 microns e -5 microns. É possível tornar o material de estoque separador plano e isento de rugas através da laminação temporária do material em um veículo de vidro flutuante com um líquido de baixa volatilidade apropriado. Os líquidos de baixa volatilidade podem ter vantagens sobre os adesivos temporários devido à fragilidade da membrana separadora e devido à quantidade de tempo de processamento que pode ser necessária para liberar a membrana separadora de uma camada adesiva. Além disso, em alguns exemplos, observou-se que obter uma membrana separadora plana e isenta de rugas no vidro flutuante usando um líquido é muito mais fácil que utilizar um adesivo. Antes da laminação, pode-se fazer com que a membrana separadora seja isenta de particulados. Isso pode ser obtido pela limpeza ultrassônica da membrana separadora para desalojar qualquer particulado aderente a superfícies. Em alguns exemplos, o manuseio de uma membrana separadora pode ser feito em um ambiente adequado com baixa presença de partículas, como uma capota de fluxo laminar ou uma sala limpa de, pelo menos, classe 10,000. Além disso, o substrato vítreo flutuante pode ser feito para ser isento de particulados através do enxágue com um solvente apropria-

do, da limpeza ultrassônica e/ou do esfregamento com panos de limpeza de sala limpa.

[00116] Enquanto uma ampla variedade de líquidos de baixa volatilidade pode ser usada para a finalidade mecânica de laminar membranas separadoras de poliolefina microporosa em um veículo vítreo flutuante, requisitos específicos podem ser impostos ao líquido para facilitar o corte a laser subsequente das formas do separador discreto. Um requisito pode ser que o líquido tenha uma tensão superficial baixa o suficiente para penetrar nos poros do material separador, o que pode facilmente ser verificado por inspeção visual. Em alguns exemplos, o material separador passa de uma cor branca para uma aparência translúcida quando o líquido preenche os microporos do material. Pode ser desejável escolher um líquido que possa ser benigno e "seguro" para trabalhadores que serão expostos às operações de preparação e corte do separador. Pode ser desejável escolher um líquido cuja pressão de vapor possa ser baixa o suficiente para que não ocorra evaporação considerável durante a escala de tempo do processamento (da ordem de 1 dia). Finalmente, em alguns exemplos, o líquido pode ter poder de solvatação suficiente para dissolver os absorvedores UV vantajosos que possam facilitar a operação de corte a laser. Em um exemplo, foi observado que uma solução de 12 por cento (p/p) de absorvedor UV de avobenzona em solvente de benzoato de benzila pode atender aos requisitos previamente mencionados e pode servir para facilitar o corte a laser de separadores de poliolefina com alta precisão e tolerância em curta ordem sem um número excessivo de passadas do feixe de laser de corte. Em alguns exemplos, separadores podem ser cortados com um laser de estado sólido bombeado por diodo de 8W 355 nm nanosegundos usando esta abordagem, sendo que o laser pode ter configurações para atenuação de baixa energia (por exemplo, 3 por cento de energia), uma velocidade moderada de 1 a 10 mm/s, e

apenas 1 a 3 passadas do feixe de laser. Enquanto comprovou-se que esta composição oleosa absorvente UV auxilia eficazmente o processo de laminação e corte, outras formulações oleosas podem ser concebidas pelos versados na técnica e usadas sem limitação.

[00117] Em alguns exemplos, um separador pode ser cortado enquanto fixo em um vidro flutuante. Uma vantagem dos separadores de corte a laser enquanto fixados em um veículo vítreo flutuante pode ser que uma densidade muito alta de separadores pode ser cortada de uma lâmina de estoque do separador, do mesmo modo que a matriz do semiconductor pode ser disposta densamente em conjunto em uma pastilha de silício. Tal abordagem pode fornecer economia de escala e vantagens de processamento em paralelo inerentes aos processos do semiconductor. Além disso, a geração de membrana separadora excedente pode ser reduzida. Uma vez que os separadores tiverem sido cortados, o fluido oleoso de auxílio do processo pode ser removido por uma série de etapas de extração com solventes miscíveis, a última extração pode ser realizada com um solvente de alta volatilidade, como álcool isopropílico, em alguns exemplos. Separadores discretos, uma vez extraídos, podem ser indefinidamente armazenados em qualquer ambiente adequado com baixa presença de partículas.

[00118] Conforme anteriormente mencionado, as membranas separadoras de poliolefina podem ser inerentemente hidrofóbicas e podem precisar ser tornadas úmidas a tensoativos aquosos usados nas baterias da presente invenção. Uma abordagem para tornar as membranas separadoras úmidas pode ser tratamento por plasma de oxigênio. Por exemplo, separadores podem ser tratados durante 1 a 5 minutos em 100 por cento de plasma de oxigênio em uma ampla variedade de configurações de energia e taxas de fluxo de oxigênio. Enquanto esta abordagem pode melhorar a umedecibilidade por um tempo, pode ser bem conhecido o fato de que as modificações de superfície de plasma

fornecem um efeito temporário que pode não durar tempo o suficiente para efetivar a umidificação robusta de soluções de eletrólito. Outra abordagem para melhorar a molhabilidade das membranas separadoras pode consistir em tratar a superfície incorporando um tensoativo adequado na membrana. Em alguns casos, o tensoativo pode ser usado em conjunto com um revestimento polimérico hidrofílico que permanece dentro dos poros da membrana separadora.

[00119] Outra abordagem para fornecer mais permanência à capacidade hidrofílica conferida por um tratamento de plasma oxidativo pode ser o tratamento subsequente com um organossilano hidrofílico adequado. Dessa forma, o plasma de oxigênio pode ser usado para ativar e distribuir grupos funcionais ao longo de toda a área da superfície do separador microporoso. O organossilano pode então ligar covalentemente e/ou aderir não covalentemente à superfície tratada com plasma. Em exemplos usando um organossilano, a porosidade inerente do separador microporoso não pode ser consideravelmente alterada, e a cobertura de superfície de monocamada pode também ser possível e desejada. Os métodos da técnica anterior que incorporam tensoativos em conjunto com revestimentos poliméricos podem exigir controle rigoroso em relação à quantidade real de revestimento aplicado à membrana, e podem então estar sujeitos à variabilidade de processo. Em casos extremos, poros do separador podem ser tornar bloqueados, afetando assim adversamente a utilidade do separador durante a operação da célula eletroquímica. Um organossilano exemplificador útil à presente invenção pode ser (3-aminopropil)trietóxi silano. Outros organossilano hidrofílicos podem ser conhecidos pelos versados na técnica e podem ser usados sem limitação.

[00120] Outro método ainda para tornar as membranas separadoras umedecíveis pelo eletrólito aquoso pode ser a incorporação de um tensoativo adequado na formulação de eletrólito. Uma consideração

na escolha de tensoativo para tornar as membranas separadoras umedecíveis pode ser o efeito que o tensoativo pode ter na atividade de um ou mais eletrodos dentro da célula eletroquímica, por exemplo, aumentando a impedância elétrica da célula. Em alguns casos, tensoativos podem ter propriedades anticorrosão vantajosas, especificamente no caso de anodos de zinco em eletrólitos aquosos. O zinco pode ser um exemplo de um material conhecido por ser submetido a uma reação lenta com água para liberar gás hidrogênio, que pode ser indesejado. Vários tensoativos podem ser conhecidos pelos versados na técnica por limitar as taxas da dita reação a níveis vantajosos. Em outros casos, o tensoativo pode interagir tão fortemente com a superfície de eletrodo de zinco que o desempenho da bateria pode ser impedido. Consequentemente, muito cuidado pode ser necessário na seleção de tipos de tensoativo e níveis de carga apropriados para garantir que a umedecibilidade do separador pode ser obtida sem afetar prejudicialmente o desempenho eletroquímico da célula. Em alguns casos, uma pluralidade de tensoativos pode ser usada, um estando presente para conferir umedecibilidade à membrana separadora, e o outro estando presente para facilitar as propriedades anticorrosão do anodo de zinco. Em um exemplo, nenhum tratamento hidrofílico é feito à membrana separadora, e um tensoativo, ou uma pluralidade de tensoativos, é adicionado à formulação de eletrólito em uma quantidade suficiente para influenciar a umedecibilidade da membrana separadora.

[00121] Separadores distintos podem ser integrados a uma microbateria tubular através de posicionamento direto em uma porção de um ou lados de um conjunto de tubo.

[00122] Separadores do polimerizados do elemento de bateria

[00123] Em alguns designs de bateria, o uso de um separador discreto (conforme descrito em uma seção anterior) pode ser impedido devido a uma variedade de razões como o custo, a disponibilidade de

materiais, a qualidade de materiais, ou a complexidade do processamento de algumas opções de material, como exemplos não limitados.

[00124] Um método para se obter um separador moldado no lugar uniforme e mecanicamente robusto pode ser usar formulações de hidrogel curáveis por UV. Várias formulações de hidrogel permeáveis à água podem ser conhecidas em várias indústrias, por exemplo, a indústria de lentes de contato. Um exemplo de um hidrogel comum na indústria de lentes de contato pode ser o gel reticulado de poli(metacrilato de hidróxi-etila), ou simplesmente pHEMA. Para várias aplicações da presente invenção, o pHEMA pode ter muitas propriedades atraentes para uso em baterias Leclanché e de zinco-carbono. O pHEMA, tipicamente, pode manter um teor de água de aproximadamente 30 a 40 por cento no estado hidratado, enquanto mantém um módulo elástico de cerca de 100 psi ou maior. Além disso, as propriedades de módulo e conteúdo de água dos hidrogéis reticulados podem ser ajustadas pelos versados na técnica através da incorporação de componentes monoméricos hidrofílicos adicionais (por exemplo, ácido metacrílico) ou componentes poliméricos (por exemplo, polivinilpirrolidona). Dessa forma, o conteúdo de água, ou, mais especificamente, a permeabilidade iônica do hidrogel pode ser ajustado através de formulação.

[00125] Particularmente vantajosa em alguns exemplos, uma formulação de hidrogel polimerizável e moldável pode conter um ou mais diluentes para facilitar o processamento. O diluente pode ser escolhido para ser volátil, de modo que a mistura moldável possa ser espalhada para o interior de uma cavidade e, então, seca por um período suficiente para que o componente de solvente volátil seja removido. Após a secagem, uma fotopolimerização a granel pode ser iniciada pela exposição a radiação actínica de comprimento de onda adequado, como

luz UV azul a 420 nm, para o fotoiniciador escolhido, como CGI 819. O diluente volátil pode ajustar a fornecer uma viscosidade de aplicação desejada, de modo a facilitar a fundição de uma camada uniforme do material polimerizável na cavidade. O diluente volátil pode também fornecer efeitos de redução de tensão superficial benéficos, particularmente no caso onde monômeros fortemente polares são incorporados na formulação. Outro aspecto que pode ser importante para se obter a fundição de uma camada uniforme de material polimerizável na cavidade pode ser a viscosidade da aplicação. Monômeros reativos comuns com pequena massa molar tipicamente não têm viscosidades muito altas, podendo ser tipicamente de apenas poucos centipoise. Em um esforço para fornecer o controle benéfico da viscosidade do material separador moldável e polimerizável, um componente polimérico de alta massa molar conhecido por ser compatível com o material polimerizável pode ser selecionado para incorporação na formulação. Exemplos de polímeros de alta massa molar que podem ser adequados para incorporação em formulações exemplificadoras, podem incluir polivinilpirrolidona e poli(óxido de etileno).

[00126] Em alguns exemplos, o separador moldável e polimerizável pode ser vantajosamente aplicado em uma cavidade projetada, conforme anteriormente descrito. Em exemplos alternativos, pode não haver nenhuma cavidade no momento da polimerização. Em vez disso, a formulação do separador moldável e polimerizável pode ser revestida sobre um substrato contendo eletrodo, por exemplo, latão conformado folheado a zinco e, então, subsequentemente exposto à radiação actínica com o uso de uma fotomáscara para polimerizar seletivamente o material separador em áreas alvo. O material separador pode então ser removido pela exposição a solventes de enxágue apropriados. Nestes exemplos, o material separador pode ser projetado como um separador foto moldável.

### Formulações do separador de múltiplos componentes

[00127] O separador útil, de acordo com os exemplos da presente invenção, pode ter inúmeras propriedades que podem ser importantes para sua função. Em alguns exemplos, o separador pode ser desejavelmente formado de tal maneira que crie uma barreira física, de modo que as camadas em qualquer lado do separador não entrem em contato fisicamente. A camada pode, assim, ter uma característica importante de espessura uniforme, pois, enquanto uma fina camada pode ser desejável por várias razões, um espaço vazio ou lacuna pode ser essencial. Adicionalmente, a fina camada pode ter desejavelmente uma alta permeabilidade para permitir o fluxo livre de íons. Ainda, o separador exige entrada de água ideal para otimizar as propriedades mecânicas do separador. Assim, a formulação pode conter um componente de reticulação, um componente de polímero hidrofílico e um componente de solvente.

[00128] Um reticulador pode ser um monômero com duas ou mais ligações duplas polimerizáveis. Os reticuladores adequados podem ser compostos com dois ou mais grupos funcionais polimerizáveis. Os exemplos de reticuladores hidrofílicos adequados podem ainda incluir compostos com dois ou mais grupos funcionais polimerizáveis, bem como grupos funcionais hidrofílicos, como grupos poliéter, amida ou hidroxila. Os exemplos específicos podem incluir TEGDMA (tetraetilenoglicol dimetacrilato), TrEGDMA (trietilenoglicol dimetacrilado), etileno glicol dimetacrilato (EGDMA), etilenodiamina dimetaacrilamida, glicerol dimetacrilato e combinações dos mesmos.

[00129] As quantidades de reticulador que podem ser usadas em alguns exemplos pode variar, por exemplo, desde cerca de 0,000415 até cerca de 0,0156 mol por 100 gramas de componentes reativos na mistura de reação. A quantidade de reticulador hidrofílico usada pode geralmente ser cerca de 0 a cerca de 2 por cento em peso e, por

exemplo, cerca de 0,5 a cerca de 2 por cento em peso. Componentes de polímero hidrofílico capazes de aumentar a viscosidade da mistura reativa e/ou aumentar o grau de ligação de hidrogênio com o monômero hidrofílico de reação lenta, como polímeros hidrofílicos de alto peso molecular, podem ser desejáveis.

[00130] Os polímeros hidrofílicos de alto peso molecular fornecem molhabilidade otimizada e, em alguns exemplos, podem melhorar a molhabilidade para o separador da presente invenção. Em alguns exemplos não limitadores, acredita-se que os polímeros hidrofílicos de alto peso molecular sejam receptores de ligação por hidrogênio que, em ambientes aquosos, se ligam pelo hidrogênio à água, tornando-se assim efetivamente mais hidrofílicos. A ausência de água pode facilitar a incorporação do polímero hidrofílico na mistura de reação. Além dos polímeros hidrofílicos com alto peso molecular especificamente nomeados, pode-se esperar que qualquer polímero com alto peso molecular seja útil na presente invenção, desde que, quando o dito polímero for adicionado a uma formulação de hidrogel de silicone exemplificadora, o polímero hidrofílico (a) não se separe substancialmente em fases da mistura de reação e (b) confira molhabilidade ao polímero curado resultante.

[00131] Em alguns exemplos, o polímero hidrofílico de alta massa molar pode ser solúvel no diluente sob temperaturas de processamento. Os processos de fabricação que usam água ou diluentes solúveis em água, como álcool isopropílico (IPA), podem ser exemplos desejáveis devido a sua simplicidade e seu custo reduzido. Nesses exemplos, os polímeros hidrofílicos de alto peso molecular que são solúveis em água sob temperaturas de processamento podem também ser desejáveis.

[00132] Os exemplos de polímeros hidrofílicos de alto peso molecular podem incluir, mas não se limitam a poliamidas, polilactonas, poli-

imidaz, polilactamas e poliamidas funcionalizadas, polilactonas, polimidaz, polilactamas, como PVP e copolímeros dos mesmos, ou, alternativamente, DMA funcionalizado por copolimerização com uma quantidade molar menor de um monômero hidroxila-funcional, como HEMA, seguida de reação dos grupos hidroxila do copolímero resultante com materiais contendo grupos polimerizáveis radicais, como isocianato etil metacrilato ou cloreto de metacrilato. Polímeros hidrofílicos de alto peso molecular podem incluir, mas não se limitam a poli-N-vinil pirrolidona, poli-N-vinil-2-piperidona, poli-N-vinil-2-caprolactama, poli-N-vinil-3-metil-2-caprolactama, poli-N-vinil-3-metil-2-piperidona, poli-N-vinil-4-metil-2-piperidona, poli-N-vinil-4-metil-2-caprolactama, poli-N-vinil-3-etil-2-pirrolidona e poli-N-vinil-4,5-dimetil-2-pirrolidona, polivinilimidazol, poli-N--N-dimetilacrilamida, álcool polivinílico, ácido poliacrílico, óxido de polietileno, poli 2 etil oxazolona, polissacarídeos de heparina, polissacarídeos, misturas e copolímeros (incluindo bloco ou aleatório, ramificado, multicadeias, em forma de pente ou em forma de estrela) dos mesmos onde poli-N-vinilpirrolidona (PVP) pode ser um exemplo desejável onde PVP foi adicionado a uma composição de hidrogel para formar uma rede de interpenetração que mostra um baixo grau de atrito de superfície e uma baixa taxa de desidratação.

[00133] Componentes ou aditivos adicionais, que podem ser geralmente conhecidos na técnica, podem também ser incluídos. Os aditivos podem incluir, mas não se limitam a, compostos absorventes de ultravioleta, fotoiniciadores, como CGI 819, tonalizantes reativos, compostos microbicidas, pigmentos, fotocrômicos, agentes de liberação, combinações dos mesmos e similares.

[00134] O método associado com estes tipos de separadores pode também incluir receber o CGI 819; e então misturar com PVP, HEMA, EGDMA e IPA; e então curar a mistura resultante com uma fonte de calor ou exposição a fótons. Em alguns exemplos, a exposição a fó-

tons pode ocorrer onde a energia dos fótons é consistente com um comprimento de onda que ocorre na porção ultravioleta do espectro eletromagnético. Outros métodos de iniciar a polimerização geralmente realizada em reações de polimerização estão dentro do escopo da presente invenção.

#### Interconexões

[00135] Interconexões podem permitir que corrente flua para e da bateria em conexão com um circuito externo. Estas interconexões podem interfacear com os ambientes dentro e fora da bateria, e podem cruzar o limite ou vedação entre estes ambientes. Estas interconexões podem ser consideradas como trilhas, fazendo conexões com um circuito externo, passando através da vedação da bateria e, então, conectando-se aos coletores de corrente dentro da bateria. Assim, estas interconexões podem ter vários requisitos. Fora da bateria, as interconexões podem lembrar trilhas de circuito impresso típicas. Elas podem ser soldadas ou, de outra forma, conectadas a outras trilhas. Em um exemplo onde a bateria é um elemento físico separado de uma placa de circuito compreendendo um circuito integrado, a interconexão da bateria pode permitir a conexão ao circuito externo. Esta conexão pode ser formada com solda, fita condutiva, epóxi ou tinta condutiva, ou outros meios. As trilhas de interconexão podem precisar sobreviver no ambiente fora da bateria, por exemplo, sem que haja corrosão na presença de oxigênio.

[00136] Conforme uma interconexão passa através da vedação da bateria, pode ser de crítica importância que a interconexão coexista com a vedação e permite a vedação. Adesão pode ser necessária entre a vedação e a interconexão em adição à adesão que pode ser necessária entre a vedação e a embalagem da bateria. A integridade da vedação pode precisar ser mantida na presença de eletrólito e outros materiais contidos na bateria. As interconexões, que podem tipicamen-

te ser metálicas, podem ser conhecidas como pontos de falha na embalagem da bateria. O potencial elétrico e/ou o fluxo da corrente pode aumentar a tendência do eletrólito se "deformar" ao longo da interconexão. Consequentemente, uma interconexão pode precisar ser construída para manter a integridade da vedação.

[00137] Dentro da bateria, as interconexões podem interfacear com os coletores de corrente ou podem de fato formar os coletores de corrente. Nesse sentido, a interconexão pode precisar atender aos requisitos dos coletores de corrente, conforme descrito aqui, ou pode precisar formar uma conexão elétrica com estes coletores de corrente.

[00138] Uma classe de interconexões e coletores de corrente candidatos é a de folhas metálicas. Estas folhas metálicas estão disponíveis em espessuras de 25 microns ou menos, o que as torna adequadas para baterias muito finas. Estas folhas metálicas podem também ser adquiridas com baixo grau de aspereza de superfície e contaminação, dois fatores que podem ser críticos para o desempenho da bateria. As folhas metálicas podem ser de zinco, níquel, latão, cobre, titânio, outros metais e várias ligas.

Coletor de correntes e eletrodos

[00139] Muitos dos designs de coletor de corrente e eletrodo são previstos para serem formados por deposição de filme metálicos sobre uma parede lateral, ou através do uso de fios metálicos como substratos para formar os coletores de corrente e eletrodos. Exemplos destes foram ilustrados. Entretanto, pode haver alguns designs que usam outros designs de coletor de corrente ou eletrodo em um formato de bateria tubular.

[00140] Em alguns exemplos de células de carbono de zinco e Leclanche, o coletor de corrente do cátodo pode ser uma haste de carbono sinterizado. Esse tipo de material pode enfrentar obstáculos técnicos para células eletroquímicas finas da presente invenção. Em al-

guns exemplos, tintas de carbono impressas podem ser usadas em células eletroquímica delgadas para substituir uma haste de carbono sinterizado para o coletor de corrente do cátodo, e nestes exemplos, o dispositivo resultante pode ser formado sem prejuízo significativo para a célula eletroquímica resultante. Tipicamente, as ditas tintas de carbono podem ser aplicadas diretamente nos materiais de embalagem, que podem compreender filmes poliméricos ou, em alguns casos, folhas de metal. Nos exemplos em que o filme de embalagem pode ser uma folha metálica, a tinta de carbono pode precisar proteger a folha metálica subjacente de degradação química e/ou corrosão pelo eletrólito. Além disso, nesses exemplos, o coletor de corrente da tinta de carbono pode precisar fornecer condutividade elétrica de dentro da célula eletroquímica à parte externa da célula eletroquímica, o que implica em uma vedação ao redor ou através da tinta de carbono.

[00141] Tintas de carbono também podem ser aplicadas em camadas que têm espessura relativamente pequena e finita, por exemplo, 10 a 20 microns. Em um projeto de célula eletroquímica fina no qual a espessura de embalagem total pode ser apenas cerca de 100 a 150 microns, a espessura de uma camada de tinta de carbono pode assumir uma fração significativa do volume interno total da célula eletroquímica, assim, impactando negativamente no desempenho elétrico da célula. Além disso, a natureza delgada de toda a bateria e do coletor de corrente, em particular, pode implicar em uma pequena área em seção transversal para o coletor de corrente. Dado que a resistência de uma trilha aumenta com o comprimento da trilha e diminui com a área em seção transversal, pode haver uma desvantagem direta entre a espessura e a resistência do coletor de corrente. A resistividade a granel da tinta de carbono pode ser insuficiente para satisfazer o requisito de resistência das baterias finas. As tintas preenchidas com prata ou outros metais condutores podem também ser considerados

para reduzir a resistência e/ou espessura, mas as mesmas podem introduzir novos desafios, como incompatibilidade com novos eletrólitos. Em consideração a esses fatores, em alguns exemplos, pode ser desejável realizar células eletroquímicas finas eficientes e de alto desempenho da presente invenção utilizando-se uma fina folha de metal como o coletor de corrente, ou aplicar um filme metálico fino a uma camada de embalagem de polímero subjacente para agir como o coletor de corrente. Tais folhas de metal podem ter resistividade significativamente menor, assim, permitindo que as mesmas atendam às exigências de resistência elétrica com espessura muito menor que as tintas de carbono impressas.

[00142] Em alguns exemplos, uma ou mais dentre as formas tubulares podem ser usadas como um substrato para os eletrodos e coletores de corrente, ou como os próprios coletores de corrente. Em alguns exemplos, os metais de uma forma tubular podem ter deposições em suas superfícies. Por exemplo, peças tubulares de metal podem servir como um substrato para um metal ou pilha de metal do coletor de corrente bombardeado com íons. As pilhas de metal exemplificadoras úteis como coletores de corrente catódica podem ser camadas de adesão de Ti-W (titânio-tungstênio) e camadas condutoras de Ti (titânio). As pilhas metálicas exemplificadoras úteis como coletores de corrente de anodo podem ser camadas de adesão de Ti-W, camadas condutoras de Au (ouro) e camadas de deposição de In (índio). A espessura das camadas de PVD pode ser menor que 500 nm no total. Se múltiplas camadas de metais são usadas, as propriedades eletroquímicas e de barreira podem precisar ser compatíveis com a bateria. Por exemplo, cobre pode ser galvanizado no topo de uma camada de partícula inicial para cultivar uma camada condutora espessa. As camadas adicionais podem ser folheadas sobre o cobre. Entretanto, o cobre pode ser eletroquimicamente incompatível com certos eletrólitos,

especialmente na presença de zinco. Conseqüentemente, se o cobre for utilizado como uma camada na bateria, pode precisar ser suficientemente isolado do eletrólito de bateria. De modo alternativo, o cobre pode ser excluído ou substituído por outro metal.

[00143] Fios produzidos a partir de numerosos materiais podem também ser usados para formar coletores de corrente e/ou substratos para os eletrodos. Em alguns exemplos, o condutor de metal pode penetrar em um material isolante, como vidro ou cerâmica, para fornecer um contato com o coletor de corrente elétrica isolado. Em alguns exemplos, o fio pode ser produzido a partir de titânio. Em outros exemplos, outros metais de base incluindo, mas não se limitando a, alumínio, tungstênio, cobre, ouro, prata, platina, podem ser usados, e podem ter filmes aplicados a sua superfície.

Misturas e deposições de cátodo

[00144] Pode haver várias misturas químicas de cátodo que podem ser consistentes com os conceitos da presente invenção. Em alguns exemplos, uma mistura de cátodo, que pode ser um termo para uma fórmula química usada para formar um cátodo da bateria, pode ser aplicada como uma pasta, gel, suspensão ou pasta aquosa, e pode compreender um óxido metálico de transição, como dióxido de manganês, alguns na forma de aditivo condutor, que, por exemplo, podem ser uma forma de pó condutor, como negro de fumo ou grafite, e polímero solúvel em água, como polivinilpirrolidona (PVP) ou alguns outros aditivos aglutinantes. Em alguns exemplos, outros componentes podem ser incluídos, como um ou mais dentre aglutinantes, sais eletrólitos, inibidores de corrosão, água ou outros solventes, tensoativos, modificadores de reologia e outros aditivos condutores, como, polímeros condutores. Uma vez formuladas e apropriadamente misturada, a mistura de cátodos pode ter uma reologia desejável que permita que a mesma ou seja dispensada sobre porções desejadas do separador

e/ou coletor de corrente catódica, ou espalhada através de uma tela ou estêncil de uma maneira similar. Em alguns exemplos, a mistura de cátodos pode ser seca antes de ser usada em futuras etapas de montagem da célula, enquanto que, em outros exemplos, o cátodo pode conter alguns ou todos os componentes de eletrólitos, e pode ser somente parcialmente seco a um teor de umidade selecionado.

[00145] O óxido metálico de transição pode, por exemplo, ser dióxido de manganês. O dióxido de manganês, que pode ser usado na mistura de cátodo, pode ser, por exemplo, dióxido de manganês eletrolítico (DME), devido à energia específica adicional benéfica que esse tipo de dióxido de manganês fornece em relação a outras formas, como dióxido de manganês natural (NMD) ou dióxido de manganês químico (CMD). Além disso, o DME útil em baterias da presente invenção pode precisar ter um tamanho de partícula e uma distribuição de tamanho de partícula que possam ser condutores para a formação de pastas/pastas aquosas de mistura de cátodos imprimíveis ou depositáveis. Especificamente, o DME pode ser processado para remover componentes de partículas significativamente grandes, que podem ser considerados grandes em relação às outras características como dimensões internas da bateria, espessura do separador, diâmetros de ponta de distribuição, tamanhos de abertura de estêncil, ou tamanhos de malha da tela. A otimização do tamanho da partícula pode também ser usada para melhorar o desempenho da bateria, por exemplo, a impedância interna e a capacidade de descarga.

[00146] A moagem é a redução de materiais sólidos de um tamanho médio de partícula para um tamanho médio de partícula menor, por trituração, moagem, corte, vibração, ou outros processos. A moagem pode também ser usada para liberar materiais úteis dos materiais da matriz na qual eles podem estar incorporados, e para concentrar minerais. Um moinho é um dispositivo que quebra materiais sólidos

em pedaços menores, através de moagem, trituração ou corte. Pode haver vários meios para moer e muitos tipos de materiais processados nos mesmos. Tais meios de moagem podem incluir: moinho de esferas, moinho de engenho, morteiro e pilão, prensa de rolos e moinho de jato, entre outras alternativas de moagem. Um exemplo de moagem pode ser a moagem por jato. Após a moagem, o estado do sólido é alterado, por exemplo, o tamanho de partícula, a disposição do tamanho da partícula e o formato da partícula. Processos de moagem de agregado podem também ser usados para remover ou separar contaminação ou umidade do agregado para produzir "preenchimentos a seco" antes do transporte ou do preenchimento estrutural. Alguns equipamentos podem combinar várias técnicas para classificar um material sólido em uma mistura de partículas cujo tamanho é limitado tanto por um tamanho de partícula mínimo quanto máximo. Tal processamento pode ser referido como "classificadores" ou "classificação".

[00147] A moagem pode ser um aspecto de produção de mistura de cátodos para a distribuição uniforme do tamanho da partícula dos ingredientes da mistura de cátodos. O tamanho de partícula uniforme em uma mistura de cátodo pode auxiliar em viscosidade, reologia, eletrocondutividade e outras propriedades de um cátodo. A moagem pode auxiliar essas propriedades através do controle da aglomeração, ou uma coleta de massa, dos ingredientes de mistura de cátodo. A aglomeração – o agrupamento de elementos dispersos que, no caso da mistura de cátodo, podem ser alótropos de carbono e óxidos de metal de transição – pode afetar negativamente o processo de preenchimento, deixando espaços vazios na cavidade de cátodo desejada, conforme ilustrado nas Figuras 11A a 11B descritas em detalhes a seguir.

[00148] Ainda, a filtração pode ser outra etapa importante para a remoção de partículas aglomeradas ou indesejáveis. As partículas indesejáveis podem incluir partículas enormes, contaminantes, ou outras

partículas não explicitamente levadas em consideração no processo de preparação. A filtração pode ser alcançada por meios, como filtração por filtro de papel, filtração a vácuo, cromatografia, microfiltração e outros meios de filtração.

[00149] Em alguns exemplos, o DME pode ter um tamanho médio de partícula de 7 microns com um conteúdo de partícula grande que pode conter partículas de até cerca de 70 microns. Em exemplos alternativos, o DME pode ser peneirado, moído adicionalmente, ou, de outro modo, separado ou processado para limitar o teor de partículas grandes abaixo de certo limiar de, por exemplo, 25 microns ou menor.

[00150] O cátodo pode compreender também óxidos de prata, cloretos de prata, ou oxi-hidróxidos de níquel. Tais materiais podem oferecer elevada capacidade e menor diminuição em tensão carregada durante a descarga em relação ao dióxido de manganês, ambas propriedades desejáveis em uma bateria. As baterias com base nesses cátodos podem ter exemplos atuais presentes na indústria e na literatura. Uma microbateria inovadora que utiliza um cátodo de dióxido de prata pode incluir um eletrólito biocompatível, por exemplo, um que compreenda cloreto de zinco e/ou cloreto de amônio ao invés de hidróxido de potássio.

[00151] Alguns exemplos da mistura de cátodos podem incluir um aglutinante polimérico. O aglutinante pode servir inúmeras funções na mistura de cátodos. A função primária do aglutinante pode ser criar uma rede elétrica interpartículas suficiente entre partículas de DME e partículas de carbono. Uma função secundária do aglutinante pode ser facilitar a adesão mecânica e o contato elétrico com o coletor de corrente catódica. Uma terceira função do aglutinante pode ser influenciar as propriedades reológicas da mistura de cátodos para distribuição e/ou impressão com estêncil/tela vantajosa. Ainda, uma quarta função do aglutinante pode ser aumentar a absorção e distribuição do eletrólito.

to dentro do cátodo.

[00152] A escolha do polímero aglutinante, bem como da quantidade a ser usada, pode ser benéfica para a função do cátodo na célula eletroquímica da presente invenção. Se o polímero aglutinante for solúvel demais no eletrólito a ser usado, então, a função primária do aglutinante – continuidade elétrica – pode ser drasticamente impactada ao ponto da não funcionalidade da célula. Inversamente, se o polímero aglutinante for insolúvel no eletrólito para ser usado, porções de DME podem ser ionicamente isoladas do eletrólito, resultando no desempenho de célula reduzido, como capacidade reduzida, tensão de circuito aberto inferior e/ou resistência interna elevada.

[00153] O aglutinante pode ser hidrofóbico; ele pode também ser hidrofílico. Exemplos de polímeros aglutinantes úteis para a presente invenção compreendem PVP, poli-isobutileno (PIB), copolímeros borrachosos em tribloco que compreendam blocos de extremidade de estireno, como aqueles fabricados pela Kraton Polymers, copolímeros em bloco de látex de estireno-butadieno, ácido poliacrílico, hidroxietilcelulose, carboximetilcelulose, sólidos de fluorocarboneto, como poli(tetrafluoroetileno), cimentos incluindo cimento Portland, entre outros.

[00154] Um solvente pode ser um componente da mistura de cátodos. Um solvente pode ser útil para umedecer a mistura de cátodos, o que pode auxiliar na distribuição de partículas da mistura. Um exemplo de um solvente pode ser tolueno. Também, um tensoativo pode ser útil para umedecer e, assim, distribuir a mistura de cátodos. Um exemplo de um tensoativo pode ser um detergente, como o Triton™ QS-44, disponível junto à Dow Chemical Company. O Triton™ QS-44 pode auxiliar na dissociação de ingredientes agregados na mistura de cátodos, permitindo uma distribuição mais uniforme dos ingredientes da mistura de cátodos.

[00155] Um carbono condutor pode normalmente ser usado na pro-

dução de um cátodo. O carbono é capaz de formar muitos alotrópicos ou modificações estruturais diferentes. Os alótropos de carbono diferentes têm propriedades físicas diferentes, permitindo a variação na eletrocondutividade. Por exemplo, a "viscosidade" do negro de fumo pode ajudar na aderência de uma mistura de cátodos a um coletor de corrente. Entretanto, em elementos de energização que exige quantidades relativamente baixas de energia, essas variações na eletrocondutividade podem ser menos importantes que outras propriedades favoráveis, como densidade, tamanho de partícula, condutividade de calor e uniformidade relativa, entre outras propriedades. Os exemplos de alótropos de carbono incluem: diamante, grafite, grafeno, carbono amorfo (informalmente chamado de negro de fumo), buckminsterfulerano, carbono vítreo, aerogéis de carbono e outras possíveis formas de carbono capazes de conduzir eletricidade. Um exemplo de um alótropo de carbono pode ser grafite.

[00156] Em alguns exemplos, o cátodo pode estar depositado sobre uma parede do tubo ou de um coletor de cátodo em forma de fio. As paredes do tubo e os fios podem ser metálicos, em alguns exemplos, e podem ter produtos químicos de cátodo como dióxido de manganês eletrodepositado sobre os mesmos. Em outros exemplos, revestimentos de dióxido de manganês eletrolítico podem ser formados sobre coletores de cátodo.

Anodo e inibidores de corrosão de anodo

[00157] O anodo para a bateria tubular da presente invenção pode compreender, por exemplo, zinco. Em baterias de zinco-carbono tradicionais, um anodo de zinco pode tomar a forma física de um recipiente em que o conteúdo da célula eletroquímica pode estar contido. Para a bateria da presente invenção, um recipiente de zinco pode ser um exemplo, mas pode haver outras formas físicas de zinco que podem ser desejáveis a projetos para criar baterias ultrapequenas.

[00158] A eletro galvanização de zinco é um tipo de processo em diversos usos nas indústrias, por exemplo, para o revestimento de proteção ou estético de partes de metal. Em alguns exemplos, o zinco galvanizado pode ser usado para formar anodos finos e isolantes úteis para baterias da presente invenção. Ademais, o zinco eletro galvanizado pode ser padronizado em muitas diferentes configurações, dependendo da intenção do projeto. Um meio fácil para padronizar zinco eletro galvanizado pode ser o processamento com o uso de uma fotomáscara ou uma máscara física. No caso da fotomáscara, um fotorresistor pode ser aplicado a um substrato condutivo, o substrato sobre o qual o zinco pode subsequentemente ser galvanizado. O padrão de galvanização desejado pode ser então projetado para a fotorresistência por meio de uma fotomáscara, causando assim a cura de áreas selecionadas de fotorresistência. A fotorresistência não curada pode, então, ser removida com técnicas de solventes e de limpeza adequadas. O resultado pode ser uma área padronizada de material condutivo que pode receber um tratamento de zinco galvanizado. Embora esse método possa fornecer benefícios para o formato ou projeto do zinco a ser folheado, a abordagem pode exigir o uso de materiais fotopadronizáveis disponíveis, que podem ter propriedades limitadas para a construção geral da embalagem da célula. Consequentemente, métodos novos e inovadores para padronizar zinco podem ser exigidos para realizar alguns projetos de microbaterias finas da presente invenção.

[00159] A máscara de zinco pode ser colocada e, então, a galvanização de um ou mais materiais metálicos pode ser realizada. Em alguns exemplos, o zinco pode ser galvanizado diretamente em uma folha metálica coletora de corrente de anodo eletroquimicamente compatível, como bronze. Em exemplos de projeto alternativos, onde a embalagem do anodo lateral compreende uma folha metálica de polímero ou folha metálica de polímero de camadas múltiplas sobre a qual a

metalização de inicial foi aplicada, o zinco e/ou as soluções de folheamento usadas para depositar zinco podem não ser quimicamente compatíveis com a metalização inicial subjacente. As manifestações de falta de compatibilidade podem incluir rachaduras, corrosão e/ou evolução exacerbada de  $H_2$  no filme mediante contato com o eletrólito da célula. Nesse caso, metais adicionais podem ser aplicados ao metal inicial para afetar melhor a compatibilidade química geral no sistema. Um metal que pode encontrar utilidade específica nas construções de células eletroquímicas pode ser o índio. O índio pode ser amplamente usado como um componente de liga no grau de zinco da bateria com sua função primária sendo para fornecer uma propriedade anticorrosiva ao zinco na presença do eletrólito. Em alguns exemplos, o índio pode ser depositado de maneira bem sucedida em várias metalizações iniciais, como Ti-W e Au. Os filmes resultantes de 1 a 3 microns de índio nas ditas camadas de metalização inicial podem ser de baixa tensão e aderentes. Desse modo, o filme de embalagem do lado do anodo e do coletor de corrente anexo que tem uma camada superior de índio pode ser conformável e durável. Em alguns exemplos, pode ser possível depositar zinco sobre a superfície tratada por índio, e o depósito resultante pode ser muito não uniforme e nodular. Este efeito pode ocorrer em configurações de baixas densidade de corrente, por exemplo, a 20 ampères por pé quadrado (ASF). Conforme visto sob microscópio, a formação de nódulos de zinco pode ser observada no depósito de índio liso subjacente. Em determinados projetos de célula eletroquímica, a folga de espaço vertical para a camada de anodo de zinco pode ser até cerca de 5 a 10 microns de espessura, mas em alguns exemplos, densidades de corrente inferiores podem ser usadas para a galvanização de zinco, e os crescimentos nodulares resultantes podem ser maiores do que a espessura vertical máxima de anodo. Pode ser porque o desenvolvimento de zinco nodular se origina de

uma combinação do potencial em excesso alto de índio e a presença de uma camada de óxido de índio.

[00160] Em alguns exemplos, o folheamento de DC de densidade de corrente mais alta pode superar os padrões de crescimento nodulares de zinco relativamente grandes sobre as superfícies de índio. Por exemplo, condições de folheamento de 100 ASF podem resultar em zinco nodular, mas o tamanho dos nódulos de zinco pode ser drasticamente reduzido em comparação com condições de folheamento de 20 ASF. Além disso, o número de nódulos pode ser imensamente maior sob condições de folheamento de 100 ASF. O filme de zinco resultante pode, finalmente, se unir a uma camada mais ou menos uniforme, com somente algumas características residuais do crescimento nodular, enquanto atinge a provisão de espaço vertical de cerca de 5 a 10 microns.

[00161] Um benefício adicionado do índio na célula eletroquímica pode ser a redução da formação de  $H_2$ , que pode ser um processo lento que ocorre em células eletroquímicas aquosas que contêm zinco. O índio pode ser benéficamente aplicado a um ou mais dos coletores de corrente de anodo, o anodo em si, como um componente de liga cofolheado, ou como um revestimento de superfície sobre o zinco galvanizado. Para o último caso, os revestimentos da superfície de índio podem ser desejavelmente aplicados *in-situ* por meio de um aditivo de eletrólito, como tricloreto de índio ou acetato de índio. Quando esses aditivos podem ser adicionados ao eletrólito em concentrações pequenas, o índio pode galvanizar espontaneamente em superfícies de zinco expostas bem como porções do coletor de corrente do anodo exposto.

[00162] Anodos de zinco e similares, comumente usados em baterias primárias comerciais, podem ser tipicamente encontrados sob a forma de folhas, hastes, e pastas. O anodo de uma miniatura, bateria biocompatível pode ser de forma semelhante, por exemplo, folha fina,

ou pode ser galvanizada conforme mencionado anteriormente. As propriedades desse anodo podem diferir significativamente daquelas em baterias existentes, por exemplo, devido a diferenças em contaminantes ou acabamentos de superfície, atribuídas aos processos de usinagem e folheamento. Conseqüentemente, os eletrodos e o eletrólito podem exigir manipulação especial para atender aos requisitos de capacidade, impedância e de vida útil. Por exemplo, parâmetros especiais de processo de galvanização, composição de banho de galvanização, tratamento de superfície e composição de eletrólito podem ser necessários para otimizar o desempenho do eletrodo.

#### Arquitetura e fabricação da bateria

[00163] A tecnologia de arquitetura e fabricação da bateria pode estar proximamente interligada. Conforme discutido em seções anteriores da presente invenção, uma bateria pode ter os seguintes elementos: catodo, anodo, separador, eletrólito, coletor de corrente do catodo, coletor de corrente do anodo, e confinamento em forma de tubo. Em alguns exemplos, o design pode ter componentes de uso duplo, como o uso de uma embalagem de metal em forma de lata ou de tubo que pode funcionar como um coletor de corrente. De um ponto de vista de volume e espessura relativo, esses elementos podem ser aproximadamente todos de mesmo volume, exceto o catodo. Em alguns exemplos, o sistema eletroquímico pode exigir cerca de duas (2) a dez (10) vezes o volume do catodo como anodo devido às diferenças significantes na densidade mecânica, energia de densidade, eficiência de descarga, pureza do material e presença de aglutinantes, enchedores e agentes condutores.

#### Aspectos de biocompatibilidade de baterias

[00164] De acordo com a presente invenção as baterias podem ter importantes aspectos relacionados com segurança e biocompatibilidade. Em alguns exemplos, baterias para dispositivos biomédicos podem

precisar atender aos requisitos acima e além daqueles relativos a cenários típicos de uso. Em alguns exemplos, os aspectos de projeto podem ser considerados relacionados a eventos estressantes. Por exemplo, a segurança de uma lente de contato eletrônica pode precisar ser considerada quando um usuário quebra a lente durante a inserção ou remoção. Em outro exemplo, aspectos de design podem considerar o potencial de um usuário ser atingido no olho por um objeto estranho. Ainda outros exemplos de condições de tensão que podem ser consideradas ao se desenvolver parâmetros e restrições de design podem se referir ao potencial de um usuário usar lentes em ambientes desafiadores, como o ambiente subaquático ou o ambiente de altitude elevada, como exemplos não limitantes.

[00165] A segurança de tal dispositivo pode ser influenciada por: materiais com os quais o dispositivo foi formado, ou a partir dele; pelas quantidades destes materiais empregados na fabricação do dispositivo; e pela embalagem aplicada para separar os dispositivos do ambiente circundante sobre ou no interior do corpo. Em um exemplo, marca-passos podem ser um tipo típico de dispositivo biomédico que pode incluir uma bateria e que pode ser implantando em um usuário por um período de tempo estendido. Em alguns exemplos, tais marcapassos podem ser tipicamente embalados com invólucros herméticos de titânio, soldados ou em outros exemplos, múltiplas camadas de encapsulamento. Dispositivos biomédicos energizados emergentes podem apresentar novos desafios em relação à embalagem, especificamente à embalagem de bateria. Estes novos dispositivos podem ser muito menores que os dispositivos biomédicos existentes, por exemplo, uma lente de contato eletrônica ou câmera de pílula pode ser significativamente menor que um marca-passo. Nestes exemplos, o volume e a área disponível para embalagem podem ser muito reduzidos. Uma vantagem do volume limitado pode ser no fato que a quantidade de

materiais e de químicos pode ser tão pequena que inerentemente limita o potencial de exposição de um usuário a um nível abaixo de um limite seguro.

[00166] A abordagem baseada em um tubo, particularmente quando ela inclui lacres herméticos, pode fornecer meios para melhorar a biocompatibilidade. Cada um dos componentes tubulares pode fornecer uma barreira significativa contra a entrada e saída de materiais. Adicionalmente como ocorre com muitos dos processos de vedação hermética que foram descritos aqui, uma bateria que tenha biocompatibilidade superior pode ser formada.

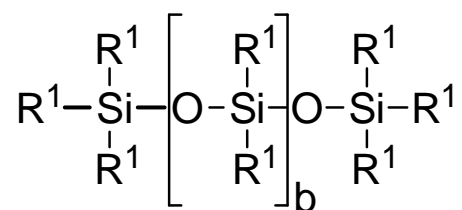
Saias de lente de contato

[00167] Em alguns exemplos, um material preferencial de encapsulamento que pode formar uma camada de encapsulamento em dispositivo biomédico pode incluir um componente contendo silicone. Em um exemplo, essa camada de encapsulamento pode formar um contorno de lente de uma lente de contato. Um "componente contendo silicone" é um que contém ao menos uma unidade de [-Si-O-] em um monômero, macrômero ou pré-polímero. De preferência, o Si total e o Si ligado a O estão presentes no componente contendo silicone em uma quantidade maior que cerca de 20 por cento em peso, e com mais preferência maior que 30 por cento em peso do peso molecular total do componente contendo silicone. Os componentes contendo silicone úteis compreendem, de preferência, grupos funcionais polimerizáveis como acrilato, metacrilato, acrilamida, metacrilamida, vinila, N-vinil lactama, N-vinilamida e grupos funcionais de estirila.

[00168] Em alguns exemplos, a saia da lente oftálmica, também chamada de camada de encapsulação do elemento de inserção, que circunda o elemento de inserção pode compreender formulações de lentes oftálmicas com hidrogel padrão. Materiais exemplificadores com características que podem fornecer uma semelhança aceitável a vários

materiais do elemento de inserção podem incluir, por exemplo, a família Narafilcon (inclusive Narafilcon A e Narafilcon B) e a família Etafilcon (inclusive Etafilcon A). Uma discussão mais inclusiva tecnicamente segue a natureza dos materiais consistentes com a técnica da presente invenção. O versado na técnica com habilidade ordinária pode reconhecer que outro material, que não aqueles discutidos, pode também formar um invólucro aceitável ou invólucro parcial dos elementos de inserção vedados e encapsulados e deve ser considerado consistente e incluído no escopo das reivindicações.

[00169] Componentes contendo silicone adequados incluem os compostos de fórmula I



em que

[00170] R1 é independentemente selecionado dentre grupos monovalentes reativos, grupos alquila monovalentes, ou grupos arila monovalentes, qualquer um dos anteriores, que podem compreender adicionalmente funcionalidades selecionadas a partir de hidróxi, amino, oxa, carbóxi, alquilcarbóxi, alcóxi, amida, carbamato, carbonato, halogênio ou as suas combinações; e cadeias de siloxano monovalentes compreendendo de 1 a 100 unidades de repetição de Si-O que podem compreender adicionalmente funcionalidades selecionadas a partir de alquila, hidróxi, amino, oxa, carbóxi, carboxialquila, alcóxi, amido, carbamato, halogênio ou combinações dos mesmos;

[00171] onde b = 0 a 500, e onde compreende-se que, quando b for diferente de 0, b é uma distribuição tendo um modo igual a um valor estabelecido;

[00172] em que pelo menos um R1 compreende um grupo reativo monovalente, e em alguns exemplos entre um e 3 R1 compreendem

grupos reativos monovalentes.

[00173] Como usado aqui "grupos reativos monovalentes" são grupos que podem passar por polimerização por radicais livres e/ou polimerização catiônica. Alguns exemplos não limitadores de grupos reativos de radical livre incluem (met)acrilatos, estirilas, vinilas, éteres de vinila, C1-6alquil(met)acrilatos, (met)acrilamidas, C1-6alquil(met)acrilamidas, N-vinilactamas, N-vinilamidas, C2-12alquenilas, C2-12alquenilfenilas, C2-12alquenilnaftilas, C2-6alquenilfenil C1-6alquilas, O-vinilcarbamatos e O-vinilcarbonatos. Os exemplos não limitadores de grupos reativos catiônicos incluem éteres de vinila ou grupos epóxido e misturas dos mesmos. Em uma modalidade, os grupos reativos de radical livre compreendem (met)acrilato, acrilóxi, (met)acrilamida, e misturas dos mesmos.

[00174] Grupos alquila e arila monovalentes adequados incluem grupos C1 a C16 alquila monovalentes não substituídos, grupos C6-C14 arila, como metila, etila, propila, butila, 2-hidróxi-propila, propoxi-propila, polietilenooxipropila substituídos e não substituídos, combinações dos mesmos e similares.

[00175] Em um exemplo, b é zero, um R1 é um grupo reativo monovalente, e pelo menos 3 R1 são selecionados a partir de grupos alquila monovalentes que têm um a 16 átomos de carbono, e, em outro exemplo, a partir de grupos alquila monovalentes que têm um a 6 átomos de carbono. Exemplos não limitadores de componentes de silicone dessa modalidade incluem éster 2-metil-,2-hidróxi-3-[3-[1,3,3,3-tetrametil-1-[(trimetilsilil)óxi]disiloxanil]propóxi]propílico ("SiGMA"),

[00176] 2-hidróxi-3-metacriloxipropiloxipropil-tris (trimetilsilóxi)silano,

[00177] 3-metacriloxipropiltris(trimetilsilóxi)silano ("TRIS"),

[00178] 3-metacriloxipropilbis(trimetilsilóxi)metilsilano e

[00179] 3-metacriloxipropilpentametildissiloxano.

[00180] Em outro exemplo, b é 2 a 20, 3 a 15 ou, em alguns exem-

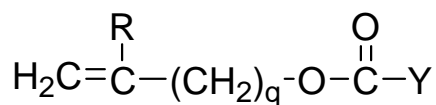
plos, 3 a 10; pelo menos um R1 terminal compreende um grupo reativo monovalente e os R1 restantes são selecionados dentre grupos alquila monovalentes com 1 a 16 átomos de carbono e, em outra modalidade, dentre grupos alquila monovalentes com 1 a 6 átomos de carbono. Em ainda outra modalidade, b é 3 a 15, um R1 terminal compreende um grupo reativo monovalente, o outro R1 terminal compreende um grupo alquila monovalente que tem 1 a 6 átomos de carbono e os R1 restantes compreendem grupos alquila monovalentes que têm 1 a 3 átomos de carbono. Os exemplos não limitadores de componentes de silicone dessa modalidade incluem polidimetilsiloxano terminado em éter (mono-(2-hidróxi-3-metacriloxipropil)-propílico (peso molecular de 400 a 1.000)) ("OH-mPDMS"), polidimetilsiloxanos terminados mono-n-butila terminados em monometacriloxipropila (peso molecular de 800 a 1.000), ("mPDMS").

[00181] Em outro, exemplo, b é 5 a 400 ou de 10 a 300, ambos os R1 terminais compreendem grupos reativos monovalentes e os R1 restantes são selecionados independentemente a partir de grupos alquila monovalentes que têm, 1 a 18 átomos de carbono, que podem ter ligações éter entre átomos de carbono e podem compreender, ainda, halogênio.

[00182] Em um exemplo, onde uma lente de hidrogel de silicone é desejada, a lente da presente invenção será produzida a partir de uma mistura reativa que compreende pelo menos cerca de 20 e, de preferência, entre cerca de 20 e 70%, em peso, de componentes contendo silicone com base no peso total dos componentes monoméricos reativos a partir dos quais o polímero é feito.

[00183] Em outra modalidade, um a quatro R1 compreendem um carbonato ou carbamato de vinila com a seguinte fórmula:

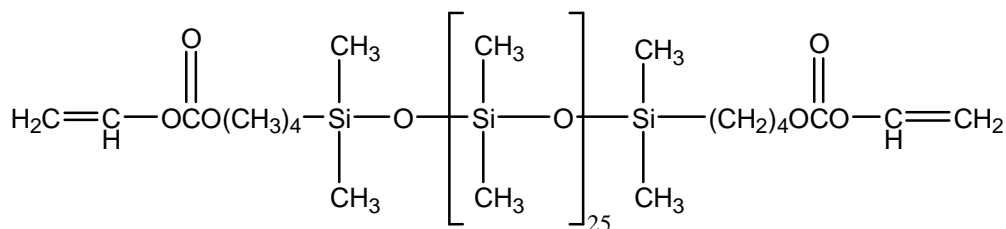
## Fórmula II



[00184] em que: Y denota O-, S- ou NH-,

[00185] R denota hidrogênio ou metila, d é 1, 2, 3 ou 4; e q é 0 ou 1.

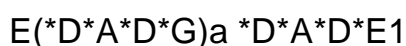
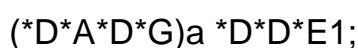
[00186] Os monômeros de carbonato de vinila ou de carbamato de vinila contendo silicone incluem especificamente: 1,3-bis[4-(viniloxicarboniloxi)but-1-ilo]tetrametildissiloxano; 3-(viniloxicarboniltio)propil[tris(trimetilsiloxi)silano]; 3-[tris(trimetilsilóxi)silil]propil alil carbamato; 3-[tris(trimetilsilóxi)silil]propil vinil carbamato; trimetilsililetil vinil carbonato; trimetilsililmetil vinil carbonato, e



[00187] Quando são desejados dispositivos biomédicos com um módulo abaixo de cerca de 200, apenas um R1 deve compreender um grupo reativo monovalente e não mais que dois dos grupos R1 restantes compreenderão grupos de siloxano monovalentes.

[00188] Outra classe de componentes contendo silicone inclui macrômeros de poliuretano com as seguintes fórmulas:

## Fórmula IV-VI



[00189] em que:

[00190] D denota um dirradical alquila, um dirradical alquilcicloalquila, um dirradical cicloalquila, um dirradical arila ou um dirradical alquila-rila que tem 6 a 30 átomos de carbono,

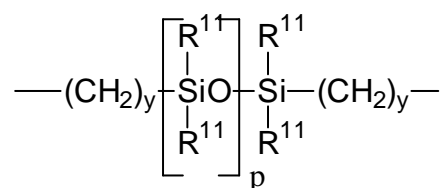
[00191] G denota um dirradical alquila, um dirradical cicloalquila, um dirradical alquilocicloalquila, um dirradical arila ou um dirradical alquilari-la que tem 1 a 40 átomos de carbono e que pode conter ligações éter, tio ou amina na cadeia principal;

[00192] denota uma ligação uretano ou ureído;

[00193] a é ao menos 1;

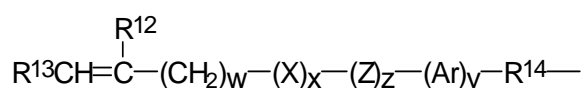
[00194] A denota um radical polimérico divalente de fórmula:

Fórmula VII



[00195] R<sup>11</sup> denota independentemente um grupo alquila ou alquila fluoro-substituída que tem 1 a 10 átomos de carbono, que pode conter ligações éter entre os átomos de carbono; y é ao menos 1; e p fornece um peso da porção de 400 a 10.000; cada um de E e E<sup>1</sup> denota, independentemente, um radical orgânico insaturado polimerizável representado pela Fórmula:

Fórmula VIII



[00196] em que: R<sup>12</sup> é hidrogênio ou metila; R<sup>13</sup> é hidrogênio, um radical alquila que tem de 1 a 6 átomos de carbono, ou um radical  $\text{---CO---Y---R}^{15}$  no qual Y é  $\text{---O---}$ ,  $\text{Y---S---}$  ou  $\text{---NH---}$ ; R<sup>14</sup> é um radical divalente que tem 1 a 12 átomos de carbono; X representa  $\text{---CO---}$  ou  $\text{---OCO---}$ ; Z representa  $\text{---O---}$  ou  $\text{---NH---}$ ; Ar denota um radical aromático tendo de 6 a 30 átomos de carbono; w é de 0 a 6; x é 0 ou 1; y é 0 ou 1; e z é 0 ou 1.

[00197] Um componente contendo silicone preferencial é um macrômero de poliuretano, representado pela seguinte fórmula:

Fórmula IX



[00201] O folheamento com metal tem grande utilidade em diversas aplicações, para propósitos estéticos em joias ou dispositivos de metal, para adicionar resistência à corrosão a maquinário industrial, ou a superfícies de dispositivos ou materiais, ou mesmo para adicionar condutividade elétrica a uma superfície, como exemplos não limitadores. Em um elemento de energização biocompatível, o folheamento que envolve o corpo da bateria pode ser útil para formar uma barreira vedada contra a entrada ou saída do material. Pode haver vários métodos para aplicar uma camada de metal sobre uma estrutura de bateria, mas a premissa básica pode envolver a deposição de um revestimento ou camada de um material metálico sobre a superfície das superfícies externas da bateria. O folheamento com metal pode ser feito com vários tipos de metais, incluindo cobre, níquel, platina, ródio, e muitos outros. O resultado do folheamento com metal pode ser a deposição de metais sobre vários tipos de outros materiais, incluindo, mas não se limitando a, outros metais, semicondutores, ou plásticos.

[00202] Exemplos típicos de métodos de folheamento com metal podem incluir galvanoplastia e folheamento autocatalítico; ambos envolvem revestir um material com uma camada de metal. No entanto, a galvanoplastia pode envolver uma carga elétrica induzida sobre o material a ser revestido, enquanto o folheamento autocatalítico pode não envolver eletricidade, e pode envolver uma reação química que deposita o metal.

[00203] A galvanoplastia pode envolver numerosas etapas para obter um acabamento desejado, espessura de material depositado consistente e outras qualidades desejadas em um revestimento bem-sucedido. Em alguns exemplos, uma peça pode primeiro ser cuidadosamente pré-tratada, de modo a assegurar folheamento eficaz. As etapas de pré-tratamento podem incluir, mas não se limitam a, polimento, mascaramento, desbaste químico, lavagem, limpeza a vapor,

enxágue, lavagem ultrassônica, ou eletrolimpeza, como alguns exemplos não limitadores. Em alguns exemplos, o pré-tratamento pode remover óleo, graxa, ou outros contaminantes da superfície de uma peça a ser revestida.

[00204] Após o pré-tratamento bem-sucedido, o objeto a ser folheado pode ser colocado em um solução de banho contendo o metal a ser depositado em forma iônica. Tipicamente, métodos de galvanoplastia podem envolver indução de uma carga elétrica positiva à solução de banho, e uma carga elétrica negativa ao objeto a ser folheado. Essa diferença na carga elétrica pode induzir uma força de atração elétrica entre as partículas de metal na solução de banho e o objeto folheado. A força de atração pode modificar quimicamente o estado iônico das e ligar as partículas de metal da solução de banho para o objeto, revestindo sua superfície.

[00205] Dependendo da composição do material a ser folheado e da solução de banho, certas condições incluindo, mas não se limitando a, tensão, pH da solução de banho, concentração de metal na solução, duração do folheado e temperatura ambiente, devem ser de preferência mantidas, de modo a assegurar folheado eficaz. O ajuste destas condições pode alterar vários aspectos do folheado, incluindo, mas não se limitando ao acabamento da superfície de metal resultante, à cor do metal depositado, à velocidade de deposição, ou à espessura do metal depositado. Outras condições ambientes, como bolhas de ar ou contaminantes na solução de banho, podem também afetar o acabamento resultante; essas imperfeições podem ser resolvidas mediante agitação do banho ou aplicação de um tratamento de carbono ao banho, como exemplos não limitadores. Em alguns exemplos, pode ser importante reduzir todas as causas de imperfeições em uma superfície folheada sobre um elemento de energização biocompatível; uma vez que tais imperfeições podem reduzir a eficácia de uma vedação.

[00206] Várias formas de pós-tratamento podem também ser necessárias para assegurar o sucesso da galvanoplastia, incluindo, mas não se limitando a, enxágue, limpeza a vapor, secagem por aquecimento, ou outros métodos.

[00207] O folheamento autocatalítico pode envolver numerosas etapas para se obter um acabamento desejado, espessura consistente do material depositado e outras qualidades desejadas em um revestimento bem-sucedido. O folheamento autocatalítico pode ter as mesmas exigências relacionadas a revestimento e vedação de um elemento de energização biocompatível que foi discutido em relação à galvanoplastia. Primeiro, uma peça a ser revestida pode ser cuidadosamente pré-tratada, para assegurar um folheamento eficaz. As etapas de pré-tratamento podem incluir, mas não se limitam a, limpeza. A limpeza pode remover contaminantes e/ou detritos remanescentes de qualquer uma das etapas de processamento anteriores do objeto a ser revestido, bem como óleo, graxa, ou outros contaminantes da superfície de uma peça a ser revestida. A limpeza pode ser obtida com ácidos ou outros tipos de soluções de limpeza; na escolha de uma solução de limpeza adequada, pode ser importante considerar que material ou detrito precisa ser removido, a temperatura na qual a peça limpa (e, dessa forma, a solução) será mantida durante a limpeza, a concentração desejada da solução de limpeza, a quantidade de trabalho mecânico (agitação, etc.) que pode ser necessária ao produto de limpeza, bem como outros possíveis aspectos.

[00208] As etapas de pré-tratamento podem incluir também etapas de desbaste químico, mascaramento, enxágue, secagem, e imersão do objeto a ser folheada em uma solução de ativação pré-imersão, bem como uma solução de ativação, como exemplos não limitadores. O desbaste químico pode envolver o uso de um produto químico e/ou mecânico, como exemplos não limitadores, para gravar um perfil em

um objeto de trabalho a ser folheado, que servirá como um local prescrito para folheamento. Uma solução de pré-imersão pode conter íons comuns aqueles da solução de ativação, que irá preparar a peça de trabalho para folheamento em si; essa solução de pré-imersão pode ser tipicamente projetada para ser aplicada à peça de trabalho, e não ser enxaguada antes de ser adicionada à solução de ativação. Uma solução de pré-imersão pode ser menos sensível a contaminação por íon metálico do que uma solução de ativação associada. Pode haver numerosas vantagens referentes ao uso de uma solução de pré-imersão, incluindo, em um sentido não limitador, um resultado que é menos dispendioso, e que pode poupar a solução de ativação de contaminação por íon metálico, para ajudar o processo a ser mais eficiente e criar resultados de qualidade mais alta.

[00209] Após a pré-imersão, uma solução de ativação pode ser aplicada à peça de trabalho. Um ativador pode conter certos íons mantidos em um estado reduzido por outros íons na solução; na prática, os íons reduzidos podem ser mantidos mecanicamente à superfície de ligação, atuando como um catalisador para a reação química que irá facilitar o folheamento autocatalítico. Ao mesmo tempo em que uma camada suficiente de solução de ativação sobre a superfície da peça de trabalho é importante para catalisar o processo de folheamento autocatalítico, pode ser importante notar que uma camada de solução de ativação muito espessa pode possivelmente agir como uma barreira contra a adesão adequada do metal folheado, e precisa ser evitada.

[00210] As etapas de pré-tratamento podem incluir também uma etapa de pós-ativação, ou aceleração, como também é comumente denominada. Essa etapa pode servir para permitir que espécies de ativação, depositadas a partir da solução de ativação na etapa de pré-imersão, sejam tão 'ativas' quanto possível, antes da etapa de folheamento autocatalítico em si. Esta etapa pode permitir que as espécies

de ativação possam interagir mais prontamente com a solução de folheamento autocatalítico na etapa de folheamento em si; isto pode não apenas diminuir o tempo de início da reação de folheamento autocatalítico, mas também minimizar a possibilidade de as espécies de ativação contaminarem a solução de folheamento autocatalítico, aumentando a qualidade do folheamento resultante. Se esta etapa de pós-ativação for deixada de lado, a solução de ativação depositada na peça de trabalho pode conter espécies marginalmente aderentes, o que pode resultar em contaminação da solução de folheamento autocatalítico e prolongar o início da reação de folheamento autocatalítico. Em alguns exemplos, as soluções de pós-ativação podem ser ácidas e agir para remover óxidos metálicos que podem se formar sobre as superfícies de trabalho devido a etapas de enxágue entre o ativador e o pós-ativador; ao mesmo tempo em que isto é satisfatório para o objeto de trabalho, pode servir para contaminar o pós-ativador, e a solução de banho pode precisar ser reconstituída após se tornar excessivamente concentrada com esses metais, ou outros contaminantes.

[00211] Após o pré-tratamento, um objeto de trabalho pode ser submerso em um banho químico, que contém os possíveis ingredientes a seguir como exemplos não limitadores: sais metálicos (do metal desejado para deposição), um agente redutor, um hidróxido alcalino, agentes quelantes, estabilizantes, abrillantadores, e, opcionalmente, agentes umectantes. O agente redutor e os íons de hidróxido podem fornecer a força de redução necessária para deposição do metal contido na solução de banho. A reação de deposição pode ser iniciada pelas espécies catalíticas que podem ter sido aplicadas à superfície do objeto de trabalho durante a etapa de ativação. Escolhas típicas de banho de folheamento autocatalítico podem depender de vários fatores, incluindo, mas não se limitando a, temperatura, velocidade de folheamento desejada, espessura de folheamento desejada, e a concen-

tração de metal (e, assim, a repetitividade da reação de folheamento para múltiplos objetos de trabalho em um único banho, embora se possa observar que essa repetibilidade também depende de muitos outros fatores).

[00212] Resistência mecânica aprimorada através de folheamento autocatalítico

[00213] Em alguns exemplos, uma solução desejável para aprimorar a resistência mecânica pode envolver folheamento autocatalítico como uma técnica para criar um revestimento de barreira conformado. Os princípios de folheamento autocatalítico foram discutidos na presente invenção. O folheamento autocatalítico pode depositar uma camada de metal conformada sobre um revestimento condutivo ou não condutivo. Banhos de folheamento autocatalítico foram desenvolvidos para depositar metais como níquel, cobre, e estanho sobre superfícies de plástico. O metal folheado autocataliticamente pode, então, ser adicionalmente folheado através do uso de folheamento autocatalítico ou galvanoplastia com uma ampla variedade de metais, incluindo níquel, cobre, estanho, ouro, prata, cádmio, e ródio. Em alguns casos, devido problemas de custo, corrosão, e/ou mecânicos, pode ser desejável usar uma estrutura em camadas que incorpore mais de uma camada galvanizada.

[00214] O revestimento pode ter uma espessura arbitrária, e pode reforçar mecanicamente a bateria além de agir como uma barreira. Esse reforço mecânico pode forçar o hidrogênio para fora dos lados da célula, reduzindo ou eliminando sua dilatação devido à produção de gás hidrogênio durante a corrosão do zinco. Para evitar a criação de um curto-circuito entre os terminais da bateria devido ao folheamento, pode ser necessário mascarar um ou ambos os terminais com o uso de um material não condutivo durante o processo de folheamento.

[00215] Em alguns exemplos, pode ser formada uma camada por

folheamento autocatalítico, sendo que podem ser usados folheamento autocatalítico e/ou galvanoplastia para criar um revestimento de cobre conformado de aproximadamente 25 microns (1 mil) nos mesmos. Uma fita de vinil pode ser usada para mascarar ambas os terminais dessas baterias durante o folheamento, para evitar curto-circuito das baterias durante o processo de folheamento.

[00216] A fita pode, em seguida, ser removida dos terminais, e, então, as baterias podem ser envelhecidas à temperatura ambiente a 50% de umidade relativa.

#### Baterias Tubulares de Plástico

[00217] O folheamento autocatalítico de camadas vedantes pode permitir baterias em forma de tubo que compreendem tubos de plástico, a serem formados de maneira utilizável. Com referência às Figuras 11A a 11F, uma ilustração da formação de uma bateria em forma de tubo à base de plástico é ilustrada. Um tubo plástico 1110 que pode compreender polietileno, ou um compósito de plástico do tipo Mylar, e camadas de metal é mostrado na Figura 11A. Ele pode ser cortado até um comprimento desejado, conforme ilustrado na Figura 11B, ou em outros exemplos pode ser deformado por fusão ou circundados em outros tubos formados para ter formato curvo. Em alguns exemplos, uma peça de plástico de forma plana ou Mylar pode ser enrolada em um tubo durante o processamento de uma bateria em forma de tubo. Como ilustrado na discussão a seguir, a forma de tubo plástica pode ser moldada em uma etapa de processamento posterior.

[00218] Na Figura 11C um exemplo de um contato elétrico de fio metálico, que pode ser um contato de anodo 1121, é ilustrado. Em alguns exemplos, o fio metálico pode ser um fio de zinco. Em outros exemplos, pode ser um fio de outro metal como latão, que pode ser revestido com zinco 1120. O fio pode ser circundado e vedado a um material de vedação 1122. Na presente invenção, vários tipos de ve-

dação são discutidos, muitos exemplos dos quais são compatíveis com o material de vedação 1122 ilustrado.

[00219] Na Figura 11D, outro fio metálico 1130 pode ser usado para formar um contato de catodo. Em alguns exemplos, o fio metálico pode ser um fio de titânio. O fio pode ter um depósito de material de catodo 1131 que circunda o mesmo. Outro material de vedação 1132 pode circundar o fio de catodo 1130.

[00220] Com referência à Figura 11E, o tubo 1110 pode ter um pavio 1141 que pode ser um filme de poliolefina ou um filme celulósico. Em alguns exemplos, pode ser um fio celulósico que abrange desde a região de anodo até a região de catodo. O pavio 1141 pode estar posicionado em um volume de eletrólito 1140 que pode estar situado no tubo em uma etapa de processamento posterior.

[00221] Prosseguindo para a Figura 11F, os vários componentes ilustrados nas Figuras 11E, 11D e 11C podem ser montados para formar uma bateria em forma de tubo. As vedações entre o material de vedação 1122 e o tubo 1110, e o material de vedação 1132 e o tubo 1110, podem compreender vários tipos de vedações, conforme discutido nas seções a seguir. Em alguns exemplos, o pavio 1141 pode ser um separador completo ou um plugue de material separador que pode manter separados os produtos químicos de bateria mais densamente embalados, em oposição à separação física, conforme ilustrado nas Figuras 11A a 11F.

[00222] Em alguns exemplos, terminações de metal podem ser adicionadas como uma variação de design. Os dois fios metálicos podem ser embutidos em um corpo adesivo isolante em formato tubular em cada extremidade. O adesivo em formato tubular pode estar contido parcialmente dentro do recipiente tubular isolante da bateria, e pode também projetar-se parcialmente para além do recipiente da bateria. Em alguns exemplos, adesivos podem aderir e vedar as terminações

do fio e o recipiente isolante. O adesivo isolante pode conter os fluidos da bateria e evitar o vazamento dos fluidos para o exterior. O adesivo pode ser um termofixo, termoplástico, ou combinação dos dois.

[00223] Em alguns exemplos, pode haver uma porta de abastecimento ou um local de porta de abastecimento reservado ao longo do corpo do tubo de plástico. Depois que a bateria é montada, uma porta de abastecimento pode ser cortada no local de porta de abastecimento, e a bateria pode ser carregada com eletrólito. Em alguns exemplos, o eletrólito pode ser uma solução aquosa, como uma solução de  $ZnCl_2$ . Em alguns outros exemplos, o eletrólito pode ser um eletrólito polimérico. Diferentes opções de eletrólito que foram discutidas anteriormente podem ser usadas.

#### Folheamento de Baterias Biocompatíveis

[00224] Qualquer uma dentre várias baterias em forma de tubo pode ser adicionalmente processada para folheamento eletrocatalítico de filmes de barreira à estrutura da bateria. Em um exemplo, uma bateria de plástico em formato tubular completamente formada pode ser lacrada com o uso de deposição eletrocatalítica, seguido de galvanoplastia. Em um exemplo não limitador, a estrutura da bateria da Figura 11F pode ser adicionalmente processada com galvanoplastia. Conforme ilustrado em uma vista de cima para baixo da Figura 11G, a bateria de plástico 1150 pode ser flexionada em uma forma curva, com um contato de catodo 1152 e um contato de anodo 1153. A forma da bateria é ilustrada na seção transversal da Figura 11H. A seção transversal é ilustrada ao longo da região indicada pela linha pontilhada 1151.

[00225] A superfície em forma de tubo pode ser limpa e tratada com uma pré-imersão em banho ácido, para remover contaminantes como uma pasta fluida residual. Outras lavagens e limpezas podem incluir limpezas do tipo RCA, limpezas à base de peróxido do tipo SC1 e SC2, ácido fluorídrico, ácido sulfúrico, e combinações de ácidos. Um

acelerador ou sensibilizador pode incluir formulações proprietárias como a solução do "Tipo C" da Transene Company. Um ativador pode ser usado em seguida para tratar a superfície. Como um exemplo não limitador, uma solução do "Tipo D" da Transene Company pode ser usada. Com referência à Figura 11H, o resultado desse tratamento é ilustrado como a camada 1161 no elemento de energização biocompatível totalmente formado da Figura 11F.

[00226] Em seguida, a superfície pré-tratada pode ser imersa em banhos para folheamento autocatalítico, neste exemplo, de cobre. O corpo da bateria que foi pré-tratado e ativado pode agora ser imerso em uma mistura de solução de banho de cobre autocatalítico do "Tipo A e Tipo B" da Transene Company, a uma temperatura elevada de aproximadamente 40 C durante um período de tempo, para formar vários microns de deposição. A deposição resultante é ilustrada como a camada 1162. Em alguns exemplos, a superfície pode ser lavada posteriormente em ácidos para estabilizar a superfície.

[00227] Em alguns exemplos, uma camada mais espessa de deposição, talvez de 10 microns ou mais de espessura, pode ser depositada sobre a camada autocatalítica, através do uso de galvanoplastia com banho de cobre. A camada de cobre resultante é ilustrada como a camada 1163. Em alguns exemplos, um tratamento de galvanoplastia de ródio pode se seguir à camada de cobre galvanizada como a camada 1164. O ródio pode estabilizar e proteger a superfície de cobre; portanto, uma camada delgada pode ser adicionada como a superfície de topo em alguns exemplos.

[00228] Se um elemento de bateria completo fosse folheado em uma camada de cobre, os dois contatos da bateria entrariam em curto e a bateria não seria funcional. Portanto, um ou ambos os contatos da bateria podem ser protegidos antes do folheamento, para impedir sua formação ao redor dos contatos e isolar o contato. Com referência à

Figura 11J, uma vista de topo exemplificadora de uma bateria de estrutura laminada antes do folheamento é ilustrada na bateria da Figura 11G, com a conexão de anodo 1152 e a conexão de catodo 1153. Um filme protetor, como uma fita de vinil, pode ser colocado ao redor do contato do anodo no local 1171, e do contato do catodo no local 1172. A superfície remanescente 1170 da bateria pode ser revestida com as camadas autocatalíticas e galvanizadas, conforme ilustrado na Figura 11A. O fato de que a região de contato pode ter uma superfície não folheada da estrutura laminada não revestida pode não ser um problema para a vedação da bateria. Em alguns exemplos, os contatos podem ser feitos longos o bastante para que haja uma vedação relativamente grande próxima ao contato. Em outro sentido, a operação de uma bateria primária pode resultar na produção de gases, como gás hidrogênio. A presença de uma região ao redor de um ou mais dos contatos que também não esteja vedada pode ser vantajosa, já que pode criar um caminho que permite que os gases gerados se dissipem lentamente.

[00229] As baterias biocompatíveis podem ser usadas em dispositivos biocompatíveis como, por exemplo, dispositivos eletrônicos implantáveis, como marcapassos e coletores de microenergia, pílulas eletrônicas para monitorar e/ou testar uma função biológica, dispositivos cirúrgicos com componentes ativos, dispositivos oftálmicos, bombas microdimensionadas, desfibriladores, stents, e similares.

[00230] Os exemplos específicos foram descritos para ilustrar as modalidades da amostra para a mistura de catodo para uso em baterias biocompatíveis. Esses exemplos têm o propósito de ilustrar mencionado e não se destinam a limitar o escopo das reivindicações de qualquer maneira. Conseqüentemente, a descrição tem como intenção englobar todos os exemplos que podem ser evidentes aos versados na técnica.

## REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo biomédico, caracterizado pelo fato de que compreende:

um componente eletroativo;

uma bateria que compreende:

um coletor de corrente de anodo;

um coletor de corrente de catodo;

um anodo;

um catodo;

um tubo encapsulando o anodo e o catodo com uma primeira penetração no coletor de corrente do anodo, uma segunda penetração no coletor de corrente do catodo, uma primeira vedação entre o tubo e o coletor de corrente do anodo e uma segunda vedação entre o tubo e o coletor de corrente do catodo;

um revestimento metálico externo folheado, em que o revestimento metálico externo folheado compreende uma porção que é folheada com folheamento autocatalítico, e em que a espessura do revestimento metálico externo folheado é suficientemente grande para agir como uma barreira contra a entrada e a saída de umidade da bateria; e

uma primeira camada de encapsulação biocompatível, em que a primeira camada de encapsulação biocompatível encapsula ao menos o componente eletroativo e a bateria.

2. Bateria, caracterizada pelo fato de que compreende:

um coletor de corrente do anodo, em que o coletor de corrente do anodo é um primeiro tubo metálico fechado em uma primeira extremidade;

um anodo, em que a química de anodo está contida no interior do primeiro tubo metálico;

um coletor de corrente do catodo, em que o coletor de cor-

rente do catodo é um segundo tubo metálico fechado em uma segunda extremidade;

um catodo, sendo que a química do catodo está contida no interior do segundo tubo metálico;

um tubo de cerâmica com uma primeira superfície vedante que tem uma interface vedante com o primeiro tubo metálico, e uma segunda superfície vedante que tem uma interface vedante com o segundo tubo metálico;

um material de vedação situado em um vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico; e

um revestimento metálico externo folheado, em que o revestimento metálico externo folheado compreende uma porção que é folheada com folheamento autocatalítico, e em que a espessura do revestimento metálico externo folheado é suficientemente grande para agir como uma barreira contra a entrada e a saída de umidade da bateria.

3. Bateria, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico compreende um adesivo à base de epóxi.

4. Bateria, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico compreende uma primeira camada que compreende partículas de molibdênio e manganês, em uma mistura com pós de cerâmica, que é então folheada com um filme metálico.

5. Bateria, de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que o filme metálico compreende níquel.

6. Bateria, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre a primeira

superfície vedante e o primeiro tubo metálico compreende uma primeira camada de um filme metálico depositado por PVD.

7. Bateria, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que o filme metálico compreende titânio.

8. Bateria, de acordo com a reivindicação 7, caracterizada pelo fato de que um filme metálico nobre é adicionalmente depositado sobre o filme metálico depositado por PVD.

9. Bateria, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico compreende uma pluralidade de camadas finas de filmes metálicos, em que uma primeira camada fina de filme metálico é depositada sobre uma segunda camada de filme metálico, sendo que a primeira camada fina de filme metálico é quimicamente reativa com a segunda camada de filme metálico, liberando energia para aquecer rapidamente as camadas, e em que a reação química é ativada por um pulso energético de energia.

10. Bateria, de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de que o pulso energético compreende fótons.

11. Bateria, de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de que o pulso energético compreende elétrons.

12. Bateria, de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de que o pulso energético compreende energia térmica.

13. Bateria, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico compreende uma base de liga de solda convencional com uma adição de titânio, em que o titânio reage com os materiais de superfície da cerâmica mediante exposição à energia ultrassônica.

14. Bateria, caracterizada pelo fato de que compreende:  
um coletor de corrente do anodo, em que o coletor de cor-

rente do anodo é um primeiro tubo metálico fechado em uma primeira extremidade;

um anodo, em que a química de anodo está contida no interior do primeiro tubo metálico;

um coletor de corrente do catodo, em que o coletor de corrente do catodo é um segundo tubo metálico fechado em uma segunda extremidade;

um catodo, em que a química do catodo está contida no interior do segundo tubo metálico;

um tubo de vidro com uma primeira superfície vedante que tem uma interface vedante com o primeiro tubo metálico, e uma segunda superfície vedante que tem uma interface vedante com o segundo tubo metálico;

um material de vedação situado em um vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico; e

um revestimento metálico externo folheado, em que o revestimento metálico externo folheado compreende uma porção que é folheada com folheamento autocatalítico, e em que a espessura do revestimento metálico externo folheado é suficientemente grande para agir como uma barreira contra a entrada e a saída de umidade da bateria.

15. Bateria, de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico compreende um adesivo à base de epóxi.

16. Bateria, de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico compreende uma primeira camada que compreende partículas de molibdênio e manganês, em uma mistura com pós de cerâmica, que é então folheada com

um filme metálico.

17. Bateria, de acordo com a reivindicação 16, caracterizada pelo fato de que o filme metálico compreende níquel.

18. Bateria, de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico compreende uma primeira camada de um filme metálico depositado por PVD.

19. Bateria, de acordo com a reivindicação 18, caracterizada pelo fato de que o filme metálico compreende titânio.

20. Bateria, de acordo com a reivindicação 19, caracterizada pelo fato de que um filme metálico nobre é adicionalmente depositado sobre o filme metálico depositado por PVD.

21. Bateria, de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico compreende uma pluralidade de camadas finas de filmes metálicos, em que uma primeira camada fina de filme metálico é depositada sobre uma segunda camada de filme metálico, em que a primeira camada fina de filme metálico é quimicamente reativa com a segunda camada de filme metálico, liberando energia para aquecer rapidamente as camadas, e em que a reação química é ativada por um pulso energético de energia.

22. Bateria, de acordo com a reivindicação 21, caracterizada pelo fato de que o pulso energético compreende fótons.

23. Bateria, de acordo com a reivindicação 21, caracterizada pelo fato de que o pulso energético compreende elétrons.

24. Bateria, de acordo com a reivindicação 21, caracterizada pelo fato de que o pulso energético compreende energia térmica.

25. Bateria, de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico compreende uma

base de liga de soldadura convencional com uma adição de titânio, em que o titânio reage com os materiais de superfície do vidro mediante exposição à energia ultrassônica.

26. Bateria, caracterizada pelo fato de que compreende:

um coletor de corrente do anodo, sendo que o coletor de corrente do anodo é um primeiro tubo metálico fechado em uma primeira extremidade;

um anodo, em que a química de anodo está contida no interior do primeiro tubo metálico;

um coletor de corrente do catodo, em que o coletor de corrente do catodo é um fio;

uma terminação de cerâmica com uma primeira superfície vedante que tem uma interface vedante com o primeiro tubo metálico, e uma segunda superfície vedante que tem uma interface vedante com o coletor de corrente do catodo;

um catodo, em que a química de catodo está depositado sobre o coletor de corrente do catodo;

um material de vedação situado em um vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico; e

um revestimento metálico externo folheado, sendo que o revestimento metálico externo folheado compreende uma porção que é folheada com folheamento autocatalítico, e em que a espessura do revestimento metálico externo folheado é suficientemente grande para agir como uma barreira contra a entrada e a saída de umidade da bateria.

27. Bateria, caracterizada pelo fato de que compreende:

um coletor de corrente do anodo, sendo que o coletor de corrente do anodo é um primeiro tubo semicondutor, fechado em uma primeira extremidade e dopado na primeira extremidade;

um anodo, em que a química de anodo está contida no inte-

rior do primeiro tubo semicondutor;

um coletor de corrente do catodo, sendo que o coletor de corrente do catodo é um segundo tubo semicondutor fechado em uma segunda extremidade e dopado na segunda extremidade;

um catodo, em que a química de catodo está depositado sobre o coletor de corrente do catodo;

um material de vedação situado em um vão entre o primeiro tubo semicondutor e o segundo tubo semicondutor; e

um revestimento metálico externo folheado, sendo que o revestimento metálico externo folheado compreende uma porção que é folheada com folheamento autocatalítico, e em que a espessura do revestimento metálico externo folheado é suficientemente grande para agir como uma barreira contra a entrada e a saída de umidade da bateria.

28. Bateria, de acordo com a reivindicação 27, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre o primeiro tubo semicondutor e o segundo tubo semicondutor compreende um adesivo à base de epóxi.

29. Bateria, de acordo com a reivindicação 27, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre o primeiro tubo semicondutor e o segundo tubo semicondutor compreende uma primeira camada que compreende partículas de molibdênio e manganês, em uma mistura com pós de cerâmica, que é, então, folheada com um filme metálico.

30. Bateria, de acordo com a reivindicação 29, caracterizada pelo fato de que o filme metálico compreende níquel.

31. Bateria, de acordo com a reivindicação 27, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre o primeiro tubo semicondutor e o segundo tubo semicondutor compreende uma primeira camada de um filme metálico depositado por PVD.

32. Bateria, de acordo com a reivindicação 31, caracterizada pelo fato de que o filme metálico compreende titânio.

33. Bateria, de acordo com a reivindicação 32, caracterizada pelo fato de que um filme metálico nobre é adicionalmente depositado sobre o filme metálico depositado por PVD.

34. Bateria, de acordo com a reivindicação 27, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre o primeiro tubo semicondutor e o segundo tubo semicondutor compreende uma pluralidade de camadas finas de filmes metálicos, em que uma primeira camada fina de filme metálico é depositada sobre uma segunda camada de filme metálico, em que a primeira camada fina de filme metálico é quimicamente reativa com a segunda camada de filme metálico, liberando energia para aquecer rapidamente as camadas, e em que a reação química é ativada por um pulso energético de energia.

35. Bateria, de acordo com a reivindicação 34, caracterizada pelo fato de que o pulso energético compreende fótons.

36. Bateria, de acordo com a reivindicação 34, caracterizada pelo fato de que o pulso energético compreende elétrons.

37. Bateria, de acordo com a reivindicação 34, caracterizada pelo fato de que o pulso energético compreende energia térmica.

38. Bateria, de acordo com a reivindicação 27, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre o primeiro tubo semicondutor e o segundo tubo semicondutor compreende uma base de liga de soldadura convencional com uma adição de titânio, em que o titânio reage com os materiais de superfície do primeiro tubo semicondutor e do segundo tubo semicondutor, mediante exposição à energia ultrassônica.

39. Bateria, caracterizada pelo fato de que compreende:  
um coletor de corrente do anodo, em que o coletor de cor-

rente do anodo é um primeiro tubo metálico fechado em uma primeira extremidade;

um anodo, em que a química de anodo está contida no interior do primeiro tubo metálico;

um coletor de corrente do catodo, em que o coletor de corrente do catodo é um segundo tubo metálico fechado em uma segunda extremidade;

um catodo, em que a química do catodo está contida no interior do segundo tubo metálico;

um tubo de plástico com uma primeira superfície vedante que tem uma interface vedante com o primeiro tubo metálico, e uma segunda superfície vedante que tem uma interface vedante com o segundo tubo metálico;

um material de vedação situado em um vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico; e

um revestimento metálico externo folheado, em que o revestimento metálico externo folheado compreende uma porção que é folheada com folheamento autocatalítico, e em que a espessura do revestimento metálico externo folheado é suficientemente grande para agir como uma barreira contra a entrada e a saída de umidade do tubo plástico.

40. Bateria, de acordo com a reivindicação 39, caracterizada pelo fato de que o material de vedação situado no vão entre a primeira superfície vedante e o primeiro tubo metálico compreende um adesivo à base de epóxi.

41. Método para fabricar uma bateria, caracterizado pelo fato de que compreende:

obter um tubo coletor do catodo;

carregar o tubo coletor de catodo com produtos químicos de catodo;

obter um tubo coletor de anodo;  
carregar o tubo coletor de anodo com produtos químicos de anodo;

obter uma peça isolante de cerâmica em forma de tubo;  
formar uma primeira e segunda superfícies de vedação em cada extremidade da peça isolante de cerâmica em forma de tubo;

evaporar um filme metálico sobre a primeira e segunda superfícies de vedação;

revestir a extremidade do tubo coletor de catodo com um pedaço de Nanofoil;

aplicar o filme metálico como revestimento sobre a primeira e segunda superfícies de vedação com uma solda em pasta;

posicionar o tubo coletor de catodo sobre a primeira superfície vedante;

ativar o Nanofoil para causar um rápido aumento de temperatura em uma interface entre o tubo coletor de catodo e a primeira superfície vedante, e fundir a pasta de solda; e

folhear um revestimento metálico externo, em que ao menos uma primeira porção do revestimento metálico externo compreende uma porção que é folheada com folheamento autocatalítico, e em que a espessura do revestimento metálico externo folheado é suficientemente grande para agir como uma barreira contra a entrada e a saída de umidade da bateria.

FIG. 1A

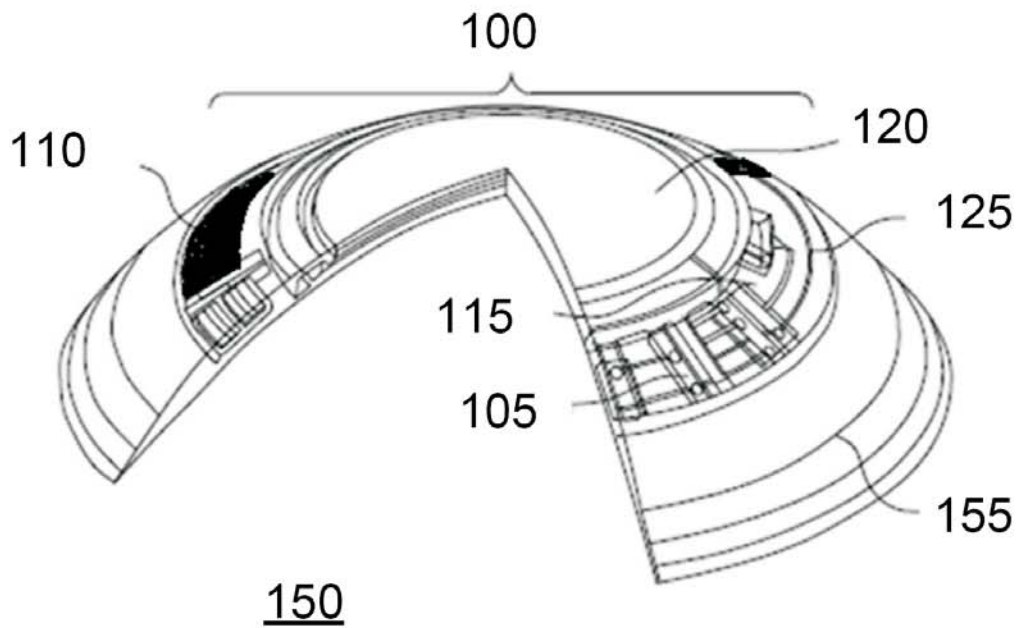
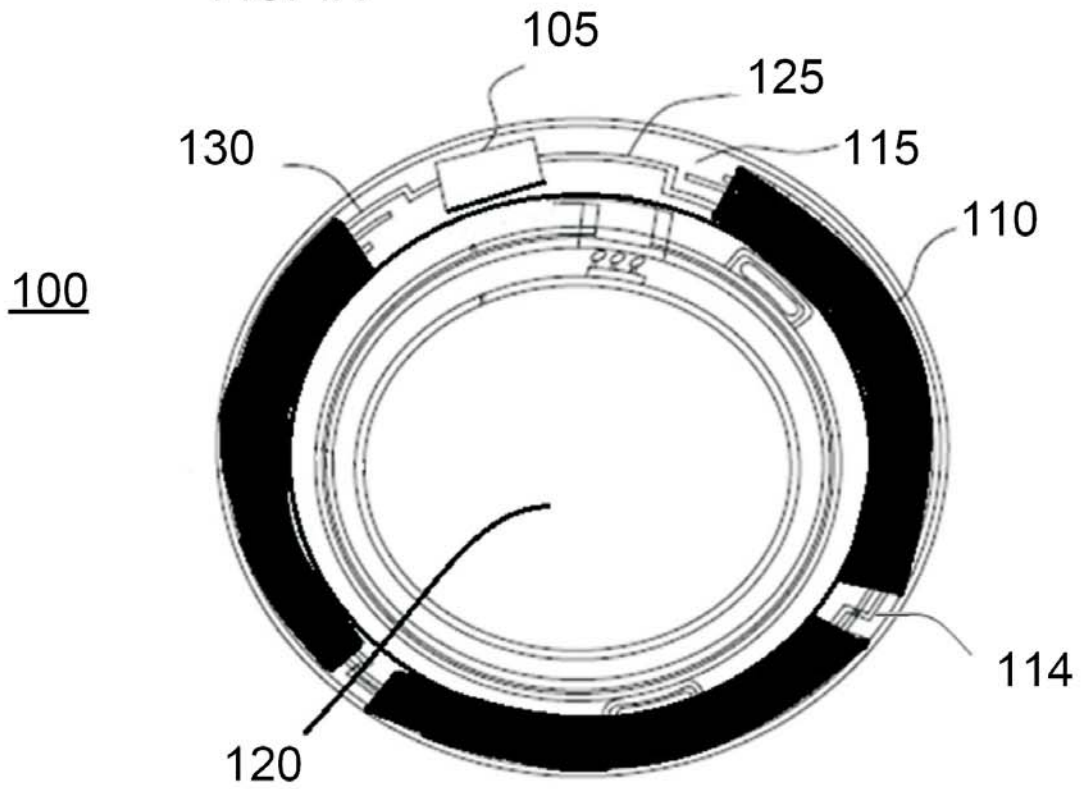


FIG. 1B

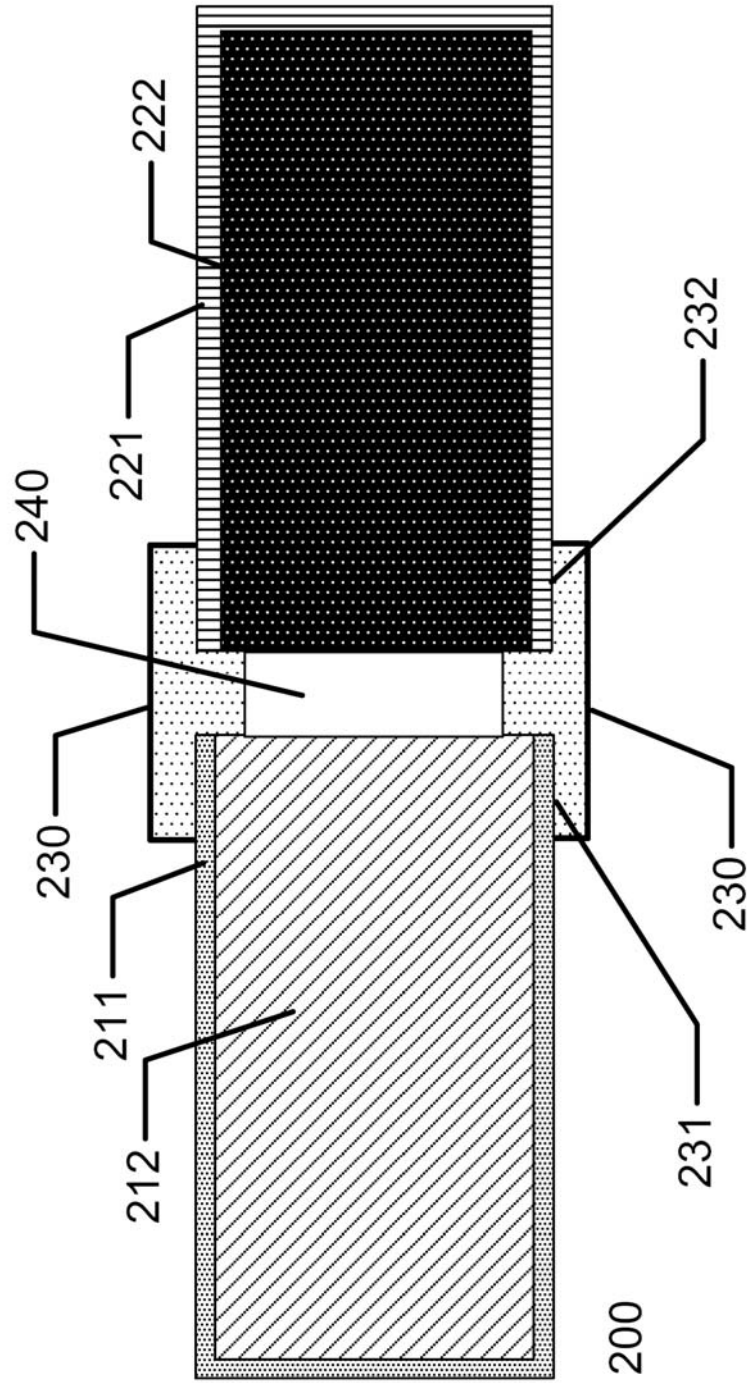


Fig. 2A

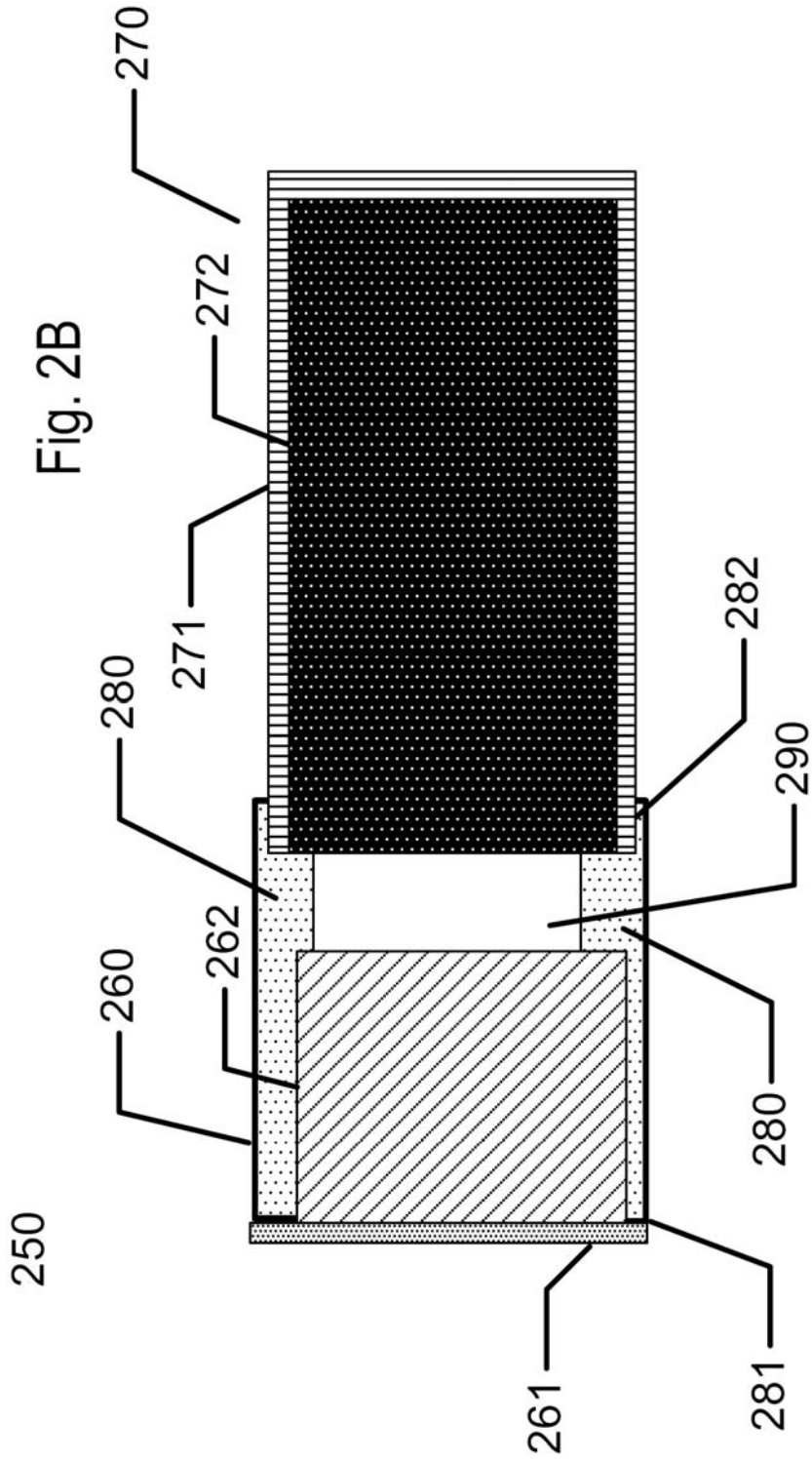
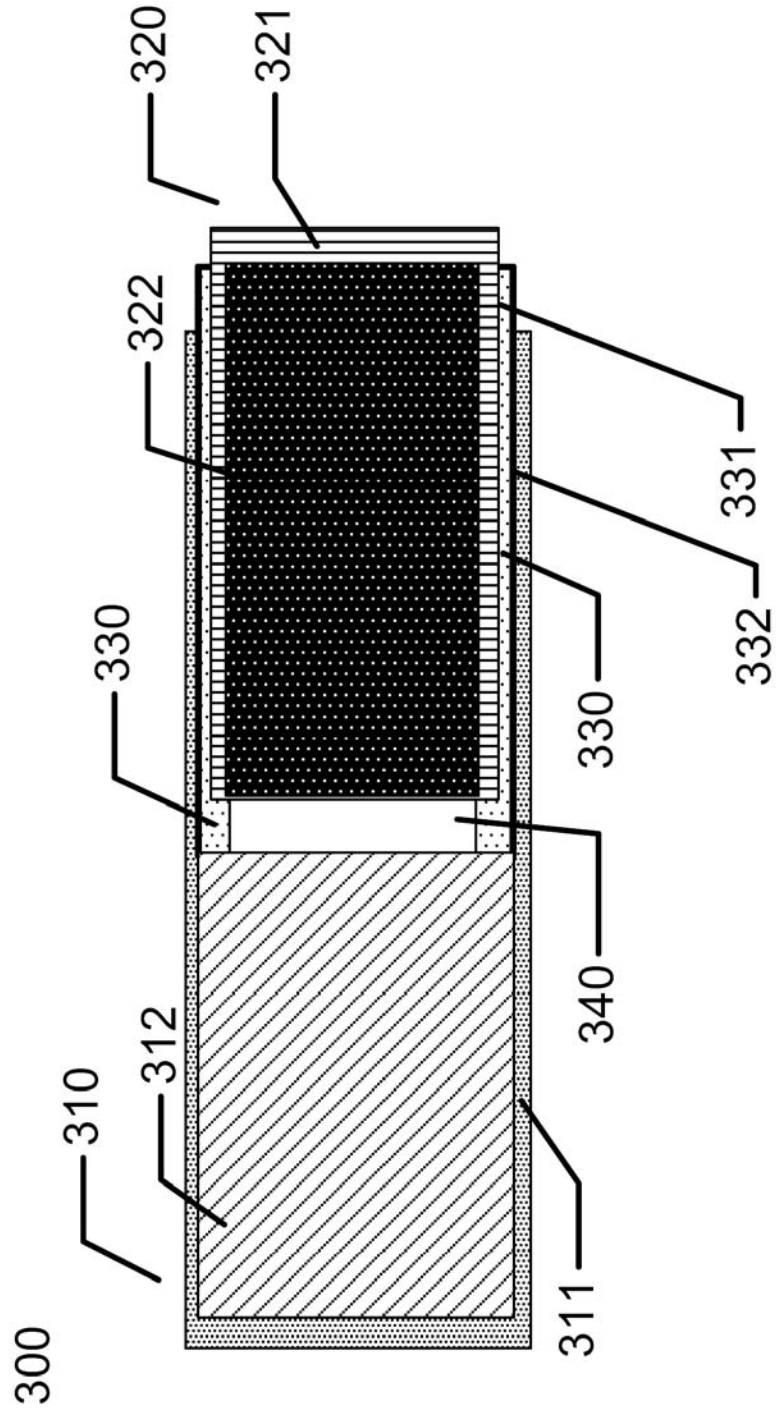


Fig. 3



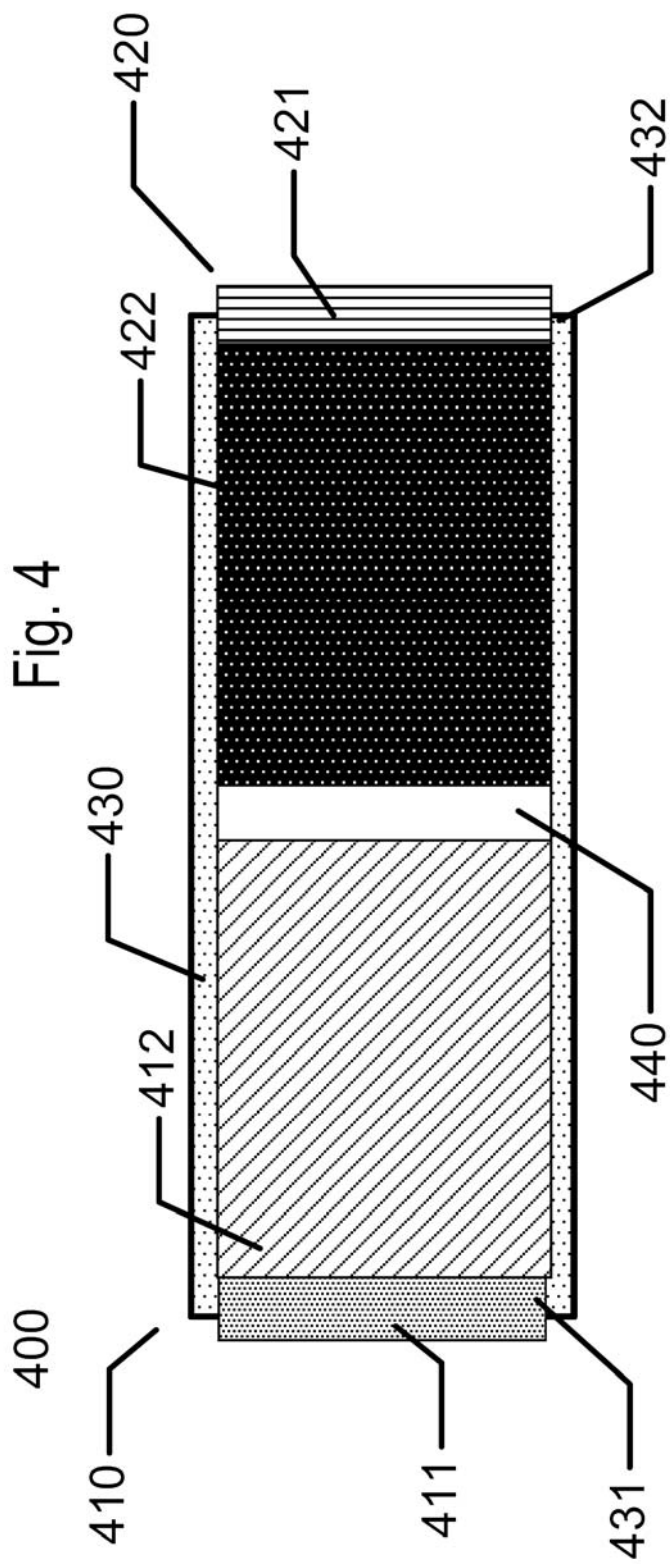
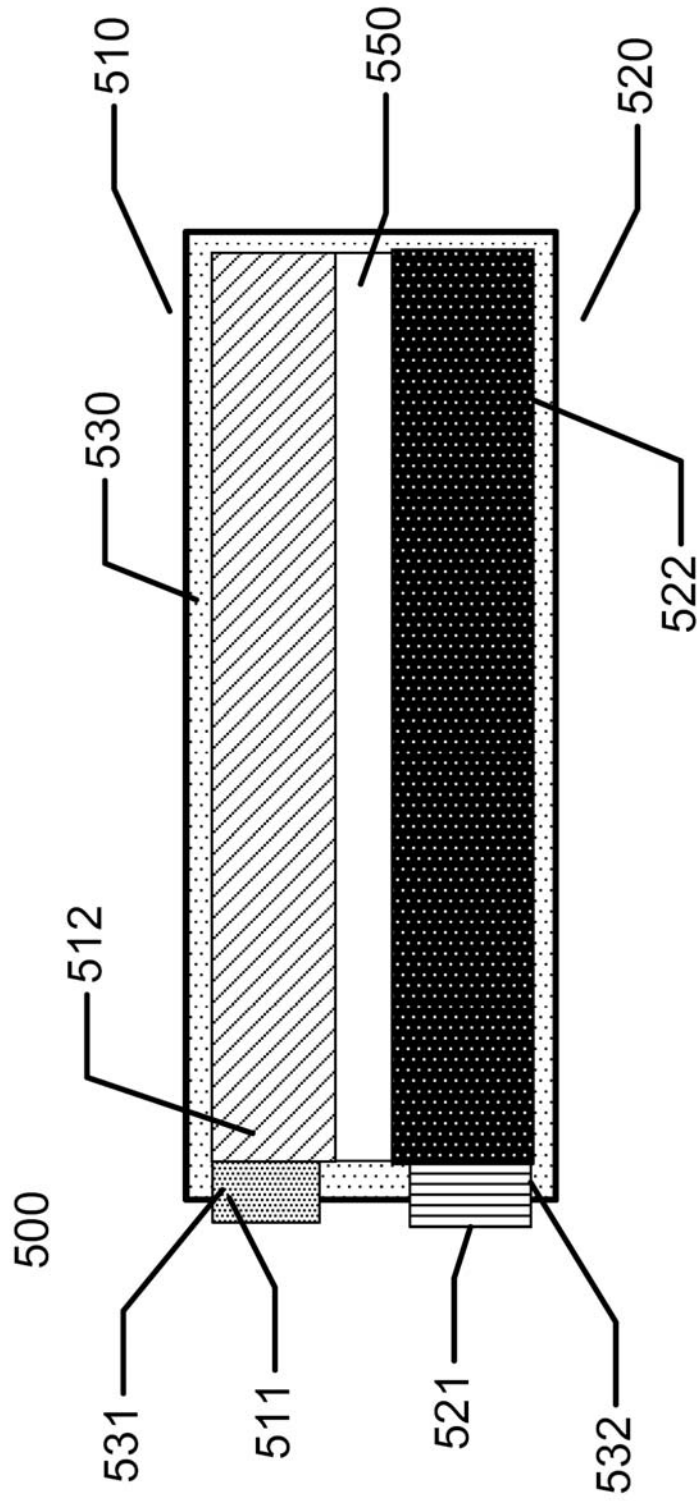
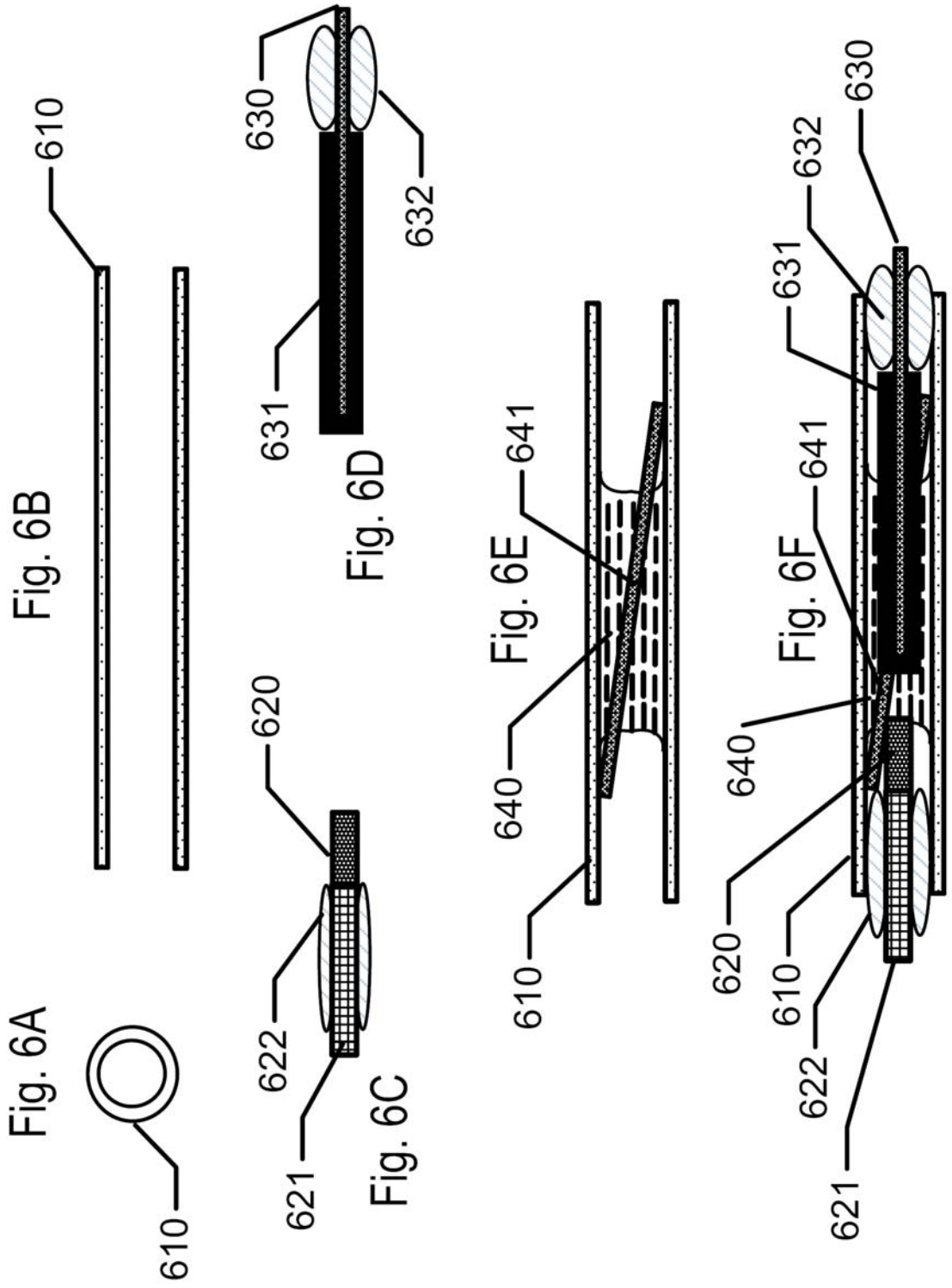


Fig. 5





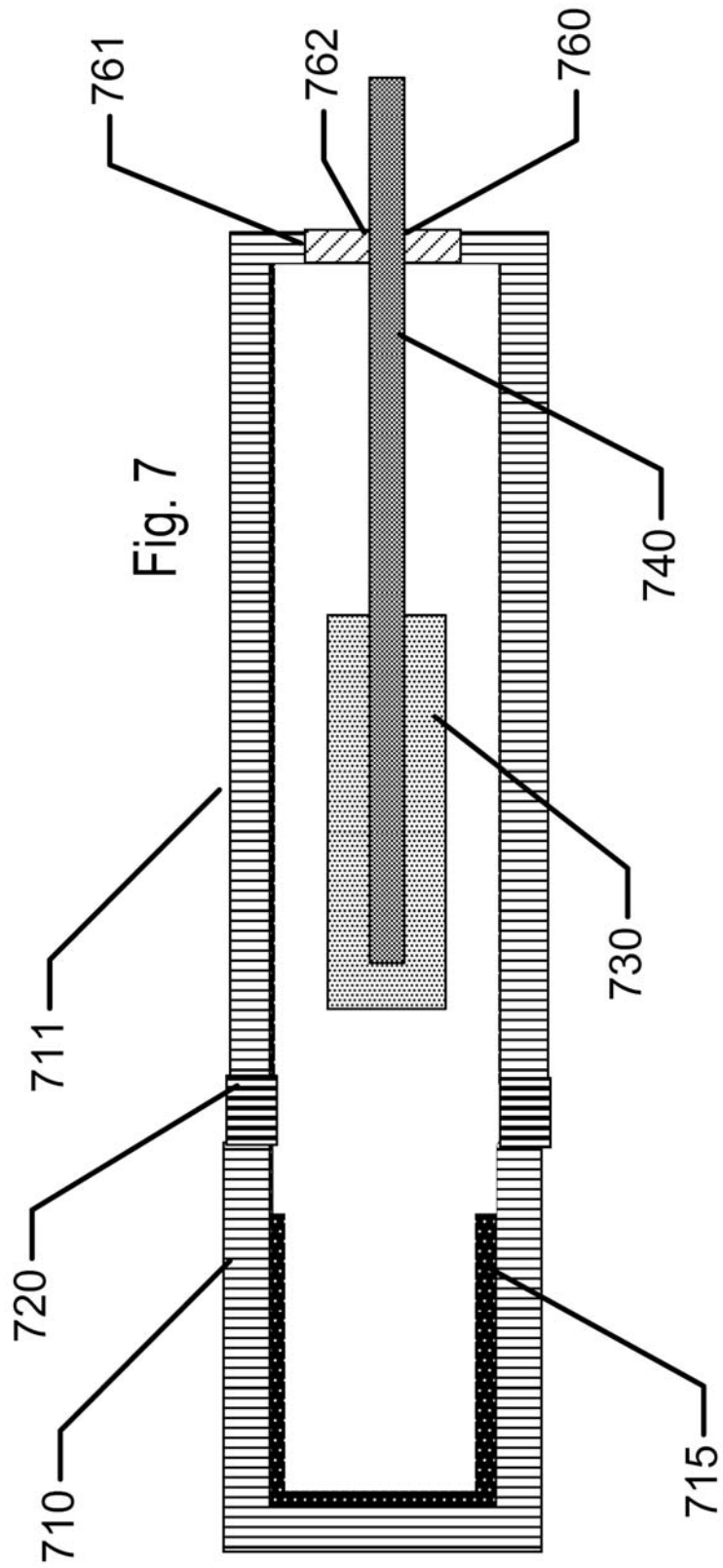
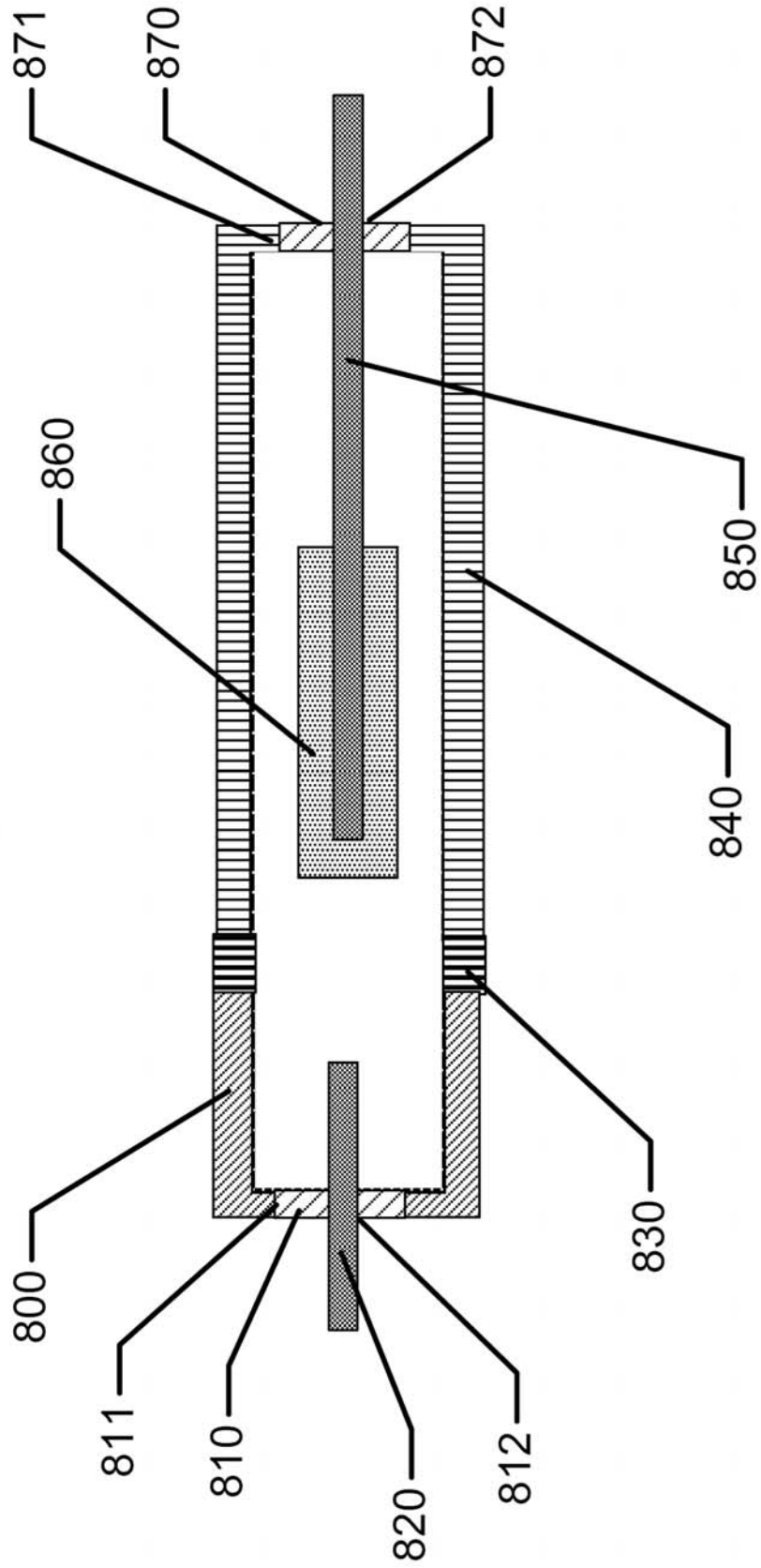
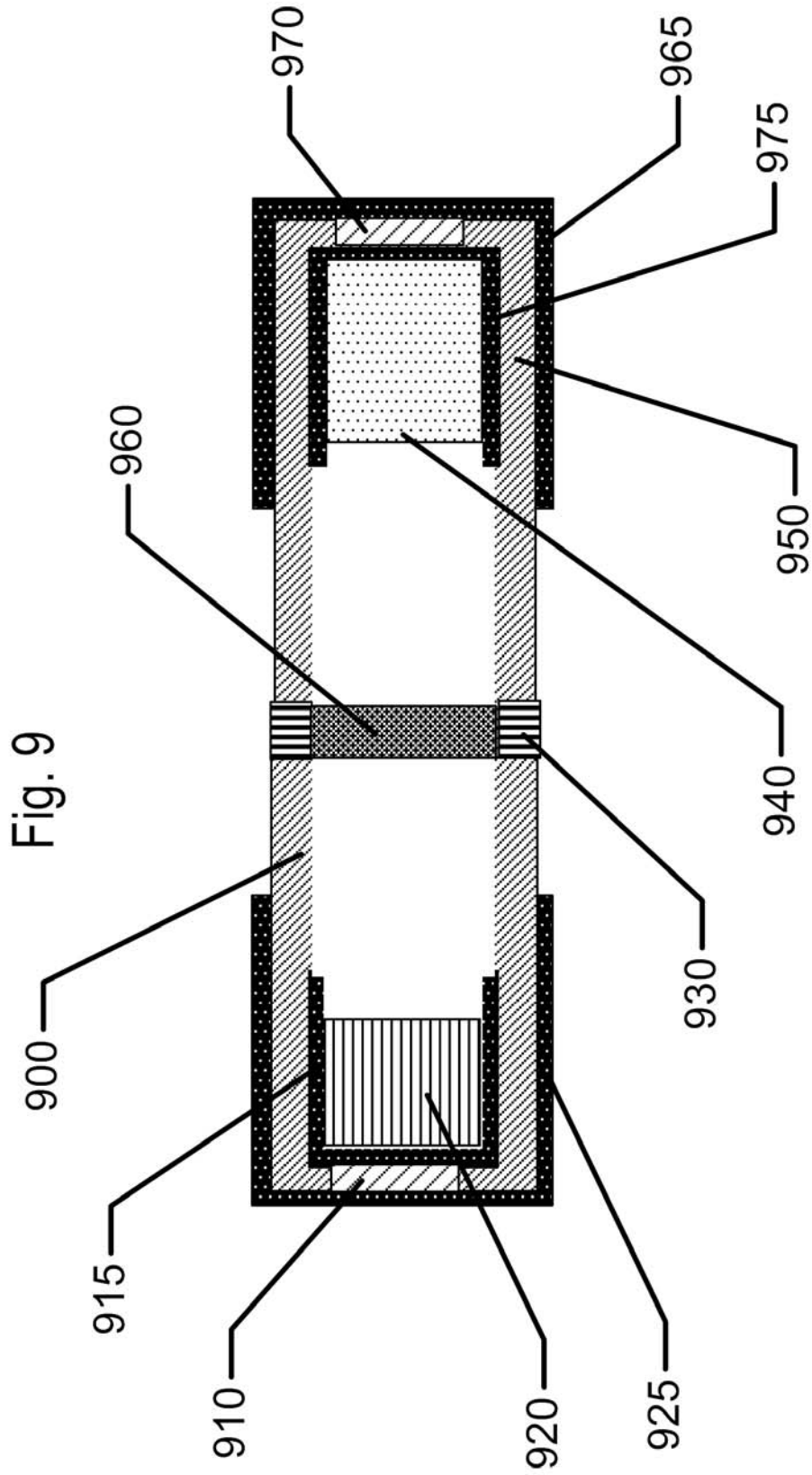


Fig. 8





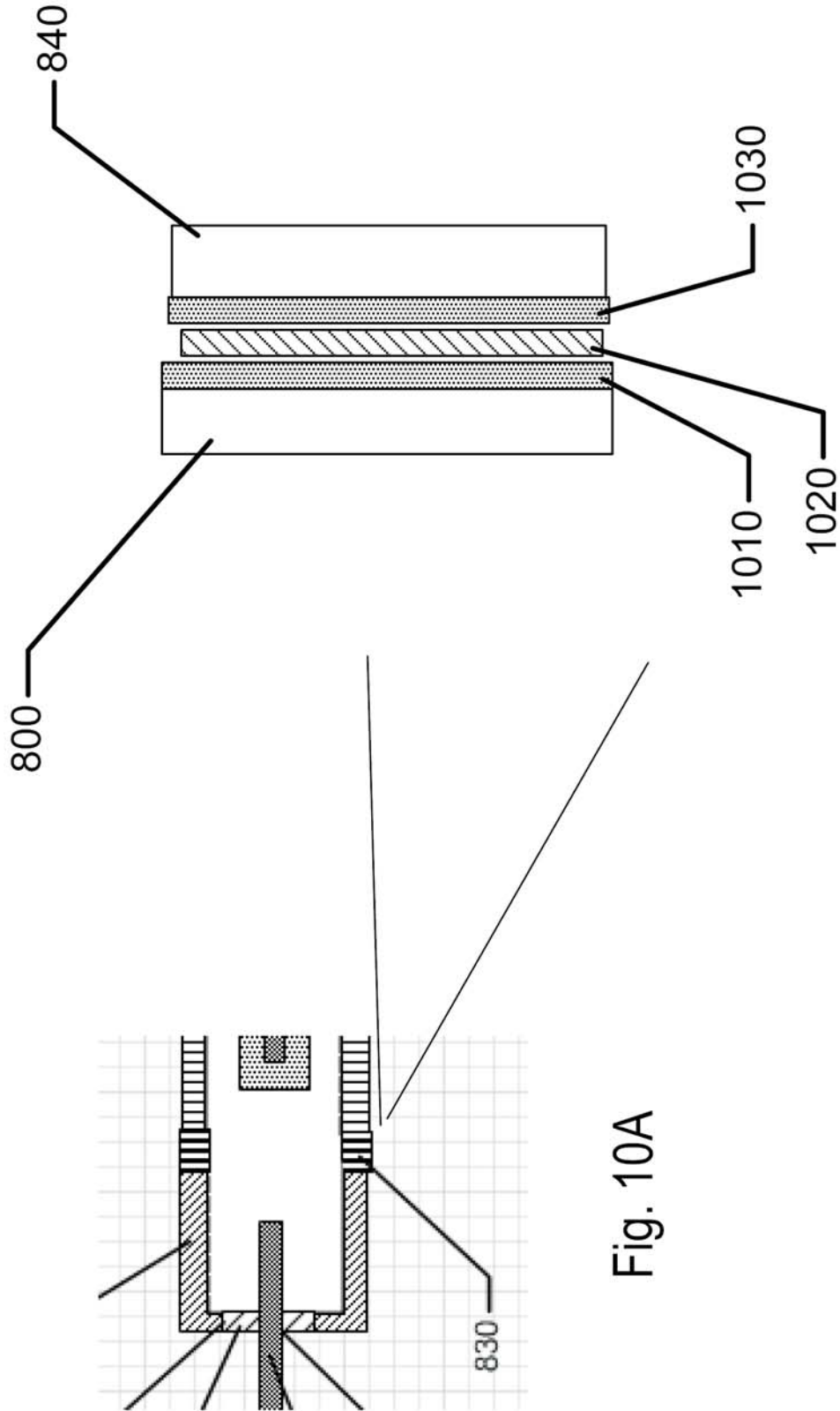
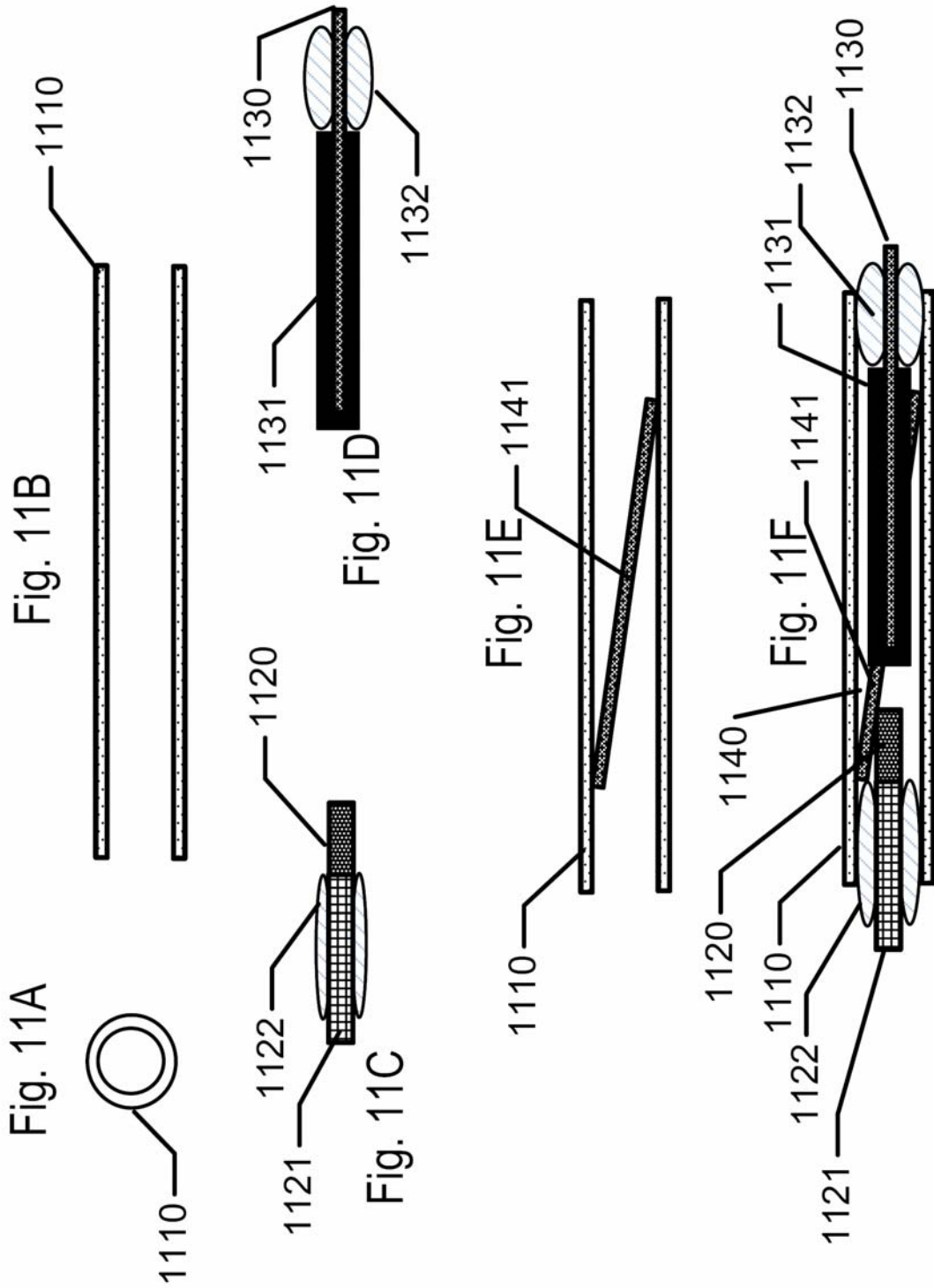


Fig. 10A

Fig. 10B



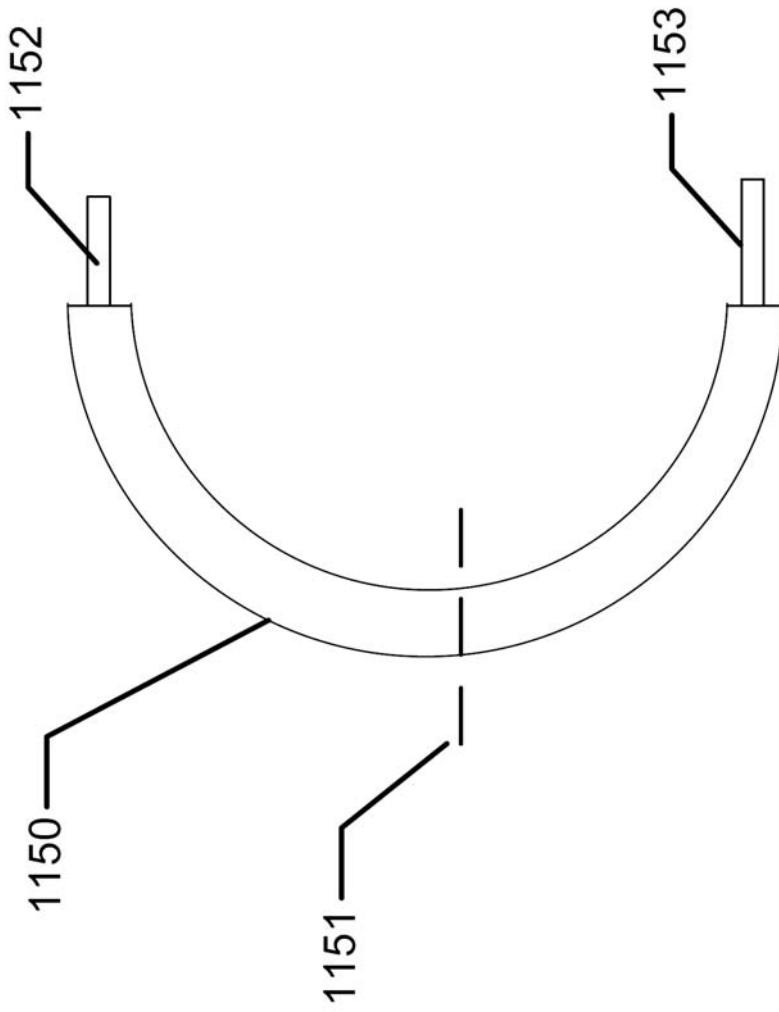
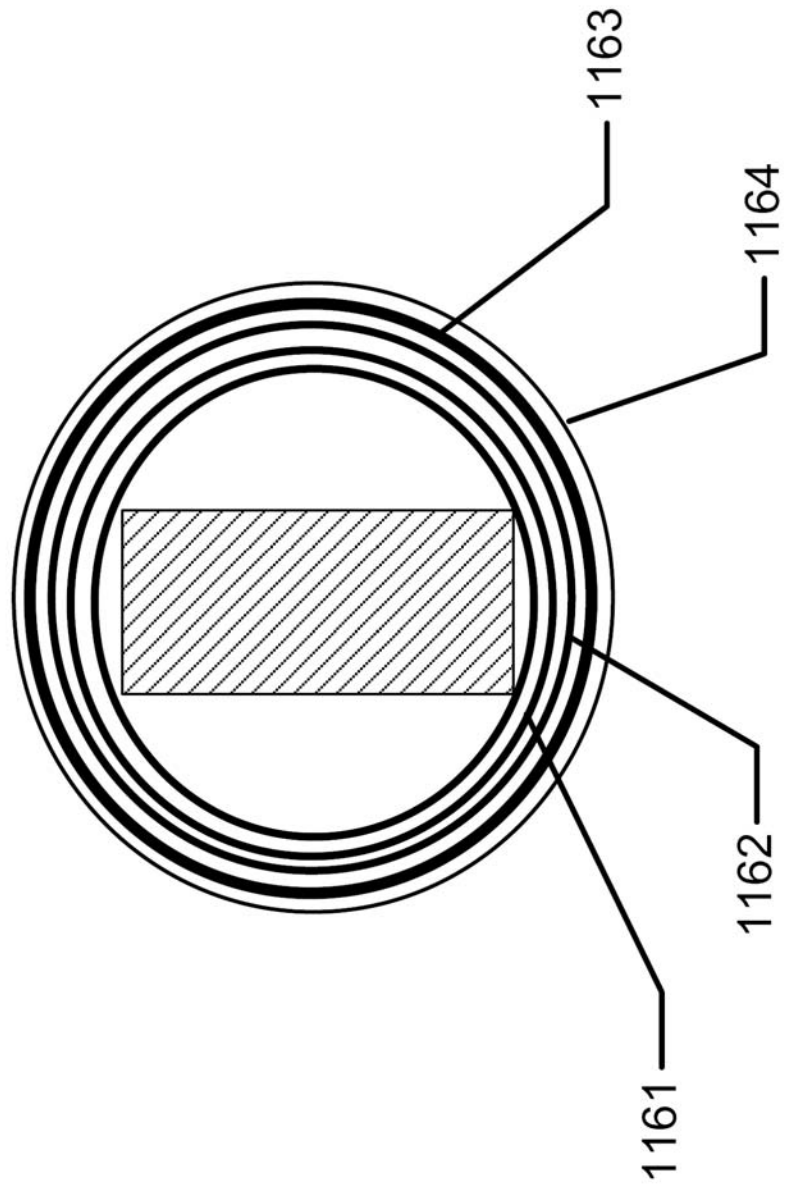


Fig. 11G

Fig. 11H



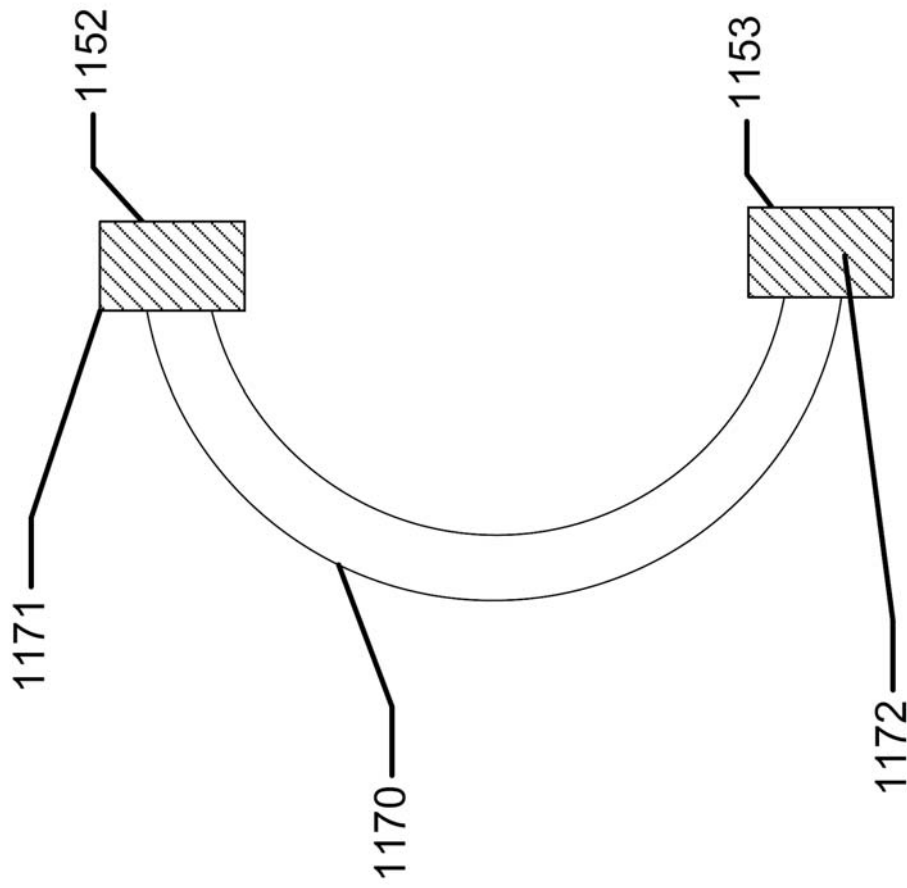


Fig. 11J

## RESUMO

Patente de Invenção: "**BATERIAS EM FORMATO TUBULAR PARA DISPOSITIVO BIOMÉDICO COM VEDAÇÃO AUTOCATALÍTICA**".

A invenção se refere a designs, estratégias e métodos para a formação de baterias em forma tubular. Em alguns exemplos, lacres herméticos podem ser usados para vedar a química da bateria dentro de baterias em forma tubular. Isto pode melhorar a biocompatibilidade dos elementos de energização. Em alguns exemplos, os elementos de energização biocompatíveis em forma de tubo podem ser usados em dispositivo biomédico. Em ainda outros exemplos, os elementos de energização biocompatíveis em forma de tubo podem ser usados em uma lente de contato.