



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

(11) BR 112013030971-7 B1



(22) Data do Depósito: 01/06/2012

(45) Data de Concessão: 22/10/2019

(54) Título: IMPLANTE CIRÚRGICO, REVESTIMENTO PARA UM IMPLANTE CIRÚRGICO POLIMÉRICO E MÉTODO PARA PRODUZIR UM IMPLANTE CIRÚRGICO POLIMÉRICO

(51) Int.Cl.: A61L 27/30; A61L 27/42; A61L 27/56.

(30) Prioridade Unionista: 03/06/2011 US 61/492,985.

(73) Titular(es): SYNTHES GMBH.

(72) Inventor(es): CYRIL VOISARD; PHILIPPE GEDET; NICOLAS BOUDUBAN.

(86) Pedido PCT: PCT US2012040437 de 01/06/2012

(87) Publicação PCT: WO 2012/167063 de 06/12/2012

(85) Data do Início da Fase Nacional: 02/12/2013

(57) Resumo: RESUMO Patente de Invenção: "IMPLANTE CIRÚRGICO". A presente invenção refere-se a um implante cirúrgico compreendendo: um substrato que tem uma superfície exterior e uma pluralidade de camadas dispostas sobre a superfície exterior do substrato. O substrato compreende um material polimérico e a pluralidade de camadas compreende: uma camada de superfície de substrato ativada; uma camada de metal de válvula; e uma camada de óxido de metal de válvula porosa, em que a camada de metal de válvula é disposta entre a camada de substrato ativada e a camada de óxido de metal de válvula porosa. A descrição fornece um método para produzir um implante cirúrgico polimérico. A superfície de substrato exterior é tratada por um ou mais processos que compreendem: ativação de plasma; irradiação de feixe de elétrons; luz ultravioleta; e irradiação de feixe de íons Ar+ de baixa energia; produzir uma camada de superfície de substrato ativada. Uma pluralidade de camadas é aplicada sobre a camada de superfície de substrato ativada. A superfície é convertida através de um processo de anodização por faísca em um banho alcalino contendo íons de Ca e P em uma camada de óxido de metal de válvula.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "IMPLANTE CIRÚRGICO, REVESTIMENTO PARA UM IMPLANTE CIRÚRGICO POLIMÉRICO E MÉTODO PARA PRODUZIR UM IMPLANTE CIRÚRGICO POLIMÉRICO".

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se a implantes cirúrgicos com base em material polimérico com revestimentos de múltiplas camadas que resultam na compatibilidade aprimorada com tecido macio e duro.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] As âncoras de osso produzidas a partir de material poliméricos como poliéster éter cetona ("PEEK") são interessantes uma vez que são totalmente compatíveis com técnicas de imageamento padrão como raios X, tomografia computadorizada ("CT") ou imageamento de ressonância magnética ("MRI"). Em particular, nenhum artefato é gerado ao usar CT ou MRI que iria alterar diagnósticos. No caso de raios X, âncoras PEEK não são visíveis. O PEEK é, entretanto, conhecido por ter integração óssea ruim e, portanto, existe uma necessidade de se superar esta desvantagem.

[003] A superfície de polímeros como polímeros na família PAEK é, com frequência, não compatível com tecidos macios ou duros como ossos. Os implantes produzidos a partir desses materiais podem se integrar de forma ruim e, finalmente, em disfunção. O risco de migração ou desprendimento da interface polímero-tecido pode ser uma consideração significativa em um dispositivo com base em polímero e, portanto, a superfície de polímero é, com frequência, modificada para aprimorar a integração óssea. Um método para se obter essa modificação é a aspersão de um revestimento grosso de um pó de óxido de titânio com, por exemplo, aspersão a plasma no vácuo ("VPS"), uma vez que a bioatividade de óxido de titânio é muito maior que a de polímeros como PAEK ou PEEK. Entretanto, essas técnicas (como VPS)

podem não assegurar um bom ancoramento entre a superfície de óxido de titânio e tecido e a alta temperatura de processo pode contribuir para a deterioração das propriedades do polímero. Além disso, a aplicação de um revestimento VPS grosso em geometrias complexas pode ser desafiadora devido ao efeito de sombreamento da aspersão e a espessura relativamente larga (por exemplo, 200 µm) que pode alavancar qualquer estrutura fina que a superfície de implante poderia ter. Ademais, a denominada estrutura "splash" de revestimentos de aspersão de plasma pode não exibir uma estrutura de poro adequada uma vez que os poros são finos e alongados e a porosidade total é limitada.

[004] Adicionalmente, camadas de titânio feitas pela deposição de vapor físico ("PVD") podem ser densas e delgadas, por exemplo, aproximadamente 1 micrômetro ou menos e, dessa forma, em algumas circunstâncias, camadas finas PVD de titânio podem não ser satisfatórias para implantes.

[005] As modalidades da presente invenção superam um ou mais desses desafios.

BREVE SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[006] Em um aspecto, a presente invenção fornece um implante cirúrgico que compreende um substrato que tem uma superfície exterior e uma pluralidade de camadas dispostas sobre a superfície exterior do substrato em que o substrato compreende um material polimérico e em que a pluralidade de camadas compreende: (i) uma camada de superfície de substrato ativada; (ii) uma camada de metal de válvula; e (iii) uma camada de óxido de metal de válvula porosa, em que a camada de metal de válvula é disposta entre a camada de substrato ativada e a camada de óxido de metal de válvula porosa.

[007] Em uma modalidade, o substrato compreende um material polimérico termoplástico. Em uma modalidade, o material polimérico de substrato do implante cirúrgico é polietileno. Em uma modalidade, o

substrato do implante cirúrgico compreende uma poli(aril-éter-cetona) reforçada (PAEK). Em uma modalidade adicional, a poli(aril-éter-cetona) (PAEK) é independentemente selecionada do grupo que consiste em poliéster cetona (PEK), poliéster éter cetona (PEEK), poli éter cetona cetona (PEKK), poliéster éter cetona cetona (PEEKK) e poliéster cetona éter cetona cetona (PEKEKK).

[008] Em uma modalidade, a camada de metal de válvula é formada a partir de um metal selecionado independentemente do grupo que consiste em titânio, tungstênio, alumínio, háfnio, nióbio, tântalo e zircônio. Em outra modalidade, a camada de óxido de metal de válvula porosa inclui uma composição de fosfato de cálcio amorfa.

[009] Em algumas modalidades, a pluralidade de camadas compreende adicionalmente uma camada de tampão, a camada de tampão disposta entre a camada de superfície de substrato ativada e a camada de metal de válvula.

[0010] Em uma modalidade, a camada de tampão compreende uma pluralidade de camadas alternadas de um primeiro material e um segundo material.

[0011] Em algumas modalidades, a camada de tampão compreende uma pluralidade de camadas alternadas de um primeiro material e um segundo material. Em uma modalidade adicional, o primeiro material compreende um material de metal e o segundo material compreende um nitreto ou um carboneto do material de metal. Em uma modalidade, o primeiro material compreende Ti e/ou Cr e o segundo material compreende TiN e/ou CrN e/ou TiC e/ou CrC.

[0012] Em uma modalidade da camada de tampão, cada camada alternada da pluralidade de camadas alternadas do primeiro material e do segundo material tem uma espessura na faixa de 10 nm a 100 nm. Em algumas modalidades, a camada de tampão tem uma espessura na faixa de 100 nm a 1.000 nm.

[0013] Em algumas modalidades, a camada de tampão compreende um material cristalino ou amorfó. Em uma modalidade adicional, o material cristalino ou amorfó é seleccionado independentemente do grupo que consiste em TiO_2 , Ta_2O_5 , Nb_2O_5 , ZrO_2 , SiO_2 , RuO_2 ou MoO_2 , MoO_3 , VO , VO_2 , V_2O_3 , V_2O_5 , CrO , Cr_2O_3 , CrO_3 e combinações dos mesmos.

[0014] Em algumas modalidades, a camada de tampão compreende uma pluralidade de camadas alternadas de um primeiro material, um segundo material e um terceiro material. Em uma modalidade adicional, o primeiro material que compreende um óxido de um primeiro material de metal; o segundo material que compreende um nitreto ou um carboneto de um segundo material de metal, em que o segundo material de metal pode ser igual ou diferente do primeiro material de metal; e o terceiro material que compreende um terceiro material de metal em que tal terceiro material de metal pode ser igual ou diferente do primeiro material de metal e/ou do segundo material de metal. Em uma modalidade, em particular, o primeiro material é Ta_2O_5 , o segundo material é AlN e o terceiro material é Au , resultando em uma camada de tampão que compreende uma pluralidade de camadas alternadas de $Ta_2O_5/AlN/Au$.

[0015] Em algumas modalidades do implante cirúrgico de acordo com a presente invenção, a camada de óxido de metal de válvula porosa é revestida com uma camada de sal de prata. Em uma modalidade do implante cirúrgico de acordo com a presente invenção, o substrato compreende um material rádio-opaco seleccionado independentemente do grupo que consiste em Zr , ZrO_2 , ZnO , Ba , $BaSO_4$, Ta , Ta_2O_5 , Au , Nb , Nb_2O_5 , Bi e Bi_2O_3 .

[0016] Em algumas modalidades do implante cirúrgico de acordo com a presente invenção, a pluralidade de camadas compreende adicionalmente uma camada de polissilano disposta entre a camada de

superfície de substrato ativada e a camada de metal de válvula.

[0017] Em outras modalidades do implante cirúrgico de acordo com a presente invenção, a pluralidade de camadas compreende adicionalmente uma camada condutiva formada de um metal não oxidável condutivo. Em uma modalidade, o metal não oxidável condutivo é selecionado independentemente do grupo que consiste em Au, Pt, Pd e combinações dos mesmos. Em outra modalidade, a camada condutiva tem uma espessura na faixa de 100 nm a 1.000 nm.

[0018] Em algumas modalidades exemplificadoras, o implante cirúrgico de acordo com a presente invenção tem um formato selecionado independentemente do grupo que consiste em: parafuso, pino, hastes, placas, pregos, âncoras de osso, presilhas, placa com pirâmides ou estacas ou quilhas, placa 3D anatômica, estrutura de substituição de osso complexa e armação.

[0019] Em uma modalidade, a camada de óxido de metal de válvula porosa tem poros com tamanhos na faixa de cerca de 0,1 µm a cerca de 10 µm; e uma densidade de poro na faixa de: cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 500.000 poros/mm².

[0020] Em um outro aspecto, a presente invenção fornece uma camada de revestimento exterior para um implante cirúrgico polimérico como um implante cirúrgico de poli(aril-éter-cetona) (PAEK) que compreende uma pluralidade de camadas. Em algumas modalidades exemplificadoras, uma camada de revestimento exterior tem poros com tamanhos na faixa de cerca de 0,1 µm a cerca de 10 µm. Em outras modalidades, a camada de revestimento exterior tem poros com uma densidade de poro na faixa de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 500.000 poros/mm². Em algumas modalidades, a camada de revestimento exterior compreende adicionalmente os elementos ou íons de Ti, O, Ca e P.

[0021] Em ainda um outro aspecto, a presente invenção fornece

um método para produzir um implante cirúrgico polimérico, tal como um implante cirúrgico de poli(aril-éter-cetona) (PAEK), de acordo com qualquer uma das modalidades exemplificadoras aqui descritas. Em uma modalidade exemplificadora, o método compreende (A) tratar a superfície de substrato exterior por um ou mais processos que compreendem: (i) ativação de plasma; (ii) irradiação de feixe de elétrons; (iii) luz ultravioleta; e (iv) irradiação de feixe de íons Ar⁺ de baixa energia; para produzir assim uma camada de superfície de substrato ativada; (B) aplicar uma pluralidade de camadas sobre a camada de superfície de substrato ativada em que pelo menos uma camada compreende uma camada de metal de válvula aplicada a uma espessura de cerca de 1 nm a cerca de 20 µm; e (C) converter uma superfície da camada de metal de válvula através de um processo de anodização para formar assim a camada de óxido de metal de válvula porosa que tem uma espessura de cerca de 2 µm a cerca de 10 µm. Em uma modalidade, o processo de anodização corresponde a um processo de anodização de faísca realizado em um banho alcalino contendo íons de Ca e P em uma camada de óxido de metal de válvula porosa em que a camada de óxido de metal de válvula porosa contém fosfato de cálcio amorfo. Em outra modalidade, o processo de anodização corresponde a um processo de anodização de cor realizado em um meio ácido. Tal processo de anodização de cor poderia criar uma superfície colorida.

[0022] Em algumas modalidades, o método para produzir o implante cirúrgico polimérico, em particular material de poli(aril-éter-cetona) (PAEK), compreende adicionalmente a etapa de aplicar uma camada de tampão sobre a camada de superfície de substrato ativada antes da aplicação da camada de metal de válvula. Em modalidades adicionais, a etapa de aplicar a camada de tampão compreende aplicar uma pluralidade de camadas alternadas de uma primeira camada de material e de uma segunda camada de material. Em uma modalidade,

dade, a pluralidade de camadas é aplicada substancialmente para cobrir a camada de superfície de substrato ativada.

[0023] Em uma modalidade exemplificadora do método para produzir o implante cirúrgico polimérico, o polímero é um polímero PAEK selecionado independentemente de um grupo que consiste em PAEK, poliéster cetona (PEK), poliéster éter cetona (PEEK), poli éter cetona cetona (PEKK), poliéster éter cetona cetona (PEEKK) e poliéster cetona éter cetona cetona (PEKEKK).

[0024] Em algumas modalidades do método para produzir o implante cirúrgico polimérico, tal como implante cirúrgico de poli(aril-éter-cetona) (PAEK), a camada de metal de válvula é aplicada através de um processo selecionado independentemente do grupo que consiste em: deposição a arco catódico, deposição de vapor físico de bombardeamento iônico de magnétron, deposição a laser pulsado, deposição de vapor físico de feixe de elétrons, bombardeamento iônico por magnétron de alta intensidade, deposição a arco de vapor filtrado, deposição e implantação iônica de imersão em plasma de metal, implantação por arco de vácuo de vapor de metal e deposição de vapores químicos assistida por plasma. Em outras modalidades do método para produzir o implante cirúrgico polimérico, tal como um implante cirúrgico de poli(aril-éter-cetona) (PAEK), a camada de metal de válvula é aplicada por revestimento por imersão ou revestimento por rotação em uma solução contendo compostos de Ti.

BREVE DESCRIÇÃO DAS VÁRIAS VISTAS DOS DESENHOS

[0025] O sumário supracitado, assim como a seguinte descrição detalhada de modalidades do implante cirúrgico da presente invenção, será melhor compreendida quando lida em conjunto com os desenhos em anexo de modalidades exemplificadoras. Deve-se compreender, no entanto, que a invenção não se limita às disposições e instrumentidades precisas mostradas.

[0026] Nos desenhos:

[0027] a Figura 1 é uma vista em perspectiva de uma seção esquemática através de uma modalidade exemplificadora de um implante cirúrgico de acordo com a presente invenção;

[0028] a Figura 2 é uma seção esquemática através de uma outra modalidade exemplificadora de um implante cirúrgico de acordo com a presente invenção;

[0029] a Figura 3A é uma vista em seção transversal de um implante cirúrgico que compreende uma camada de tampão disposta entre a camada de superfície de substrato ativada e a camada de metal de válvula de acordo com uma modalidade exemplificadora da presente invenção;

[0030] a Figura 3B é uma vista em seção transversal de um implante cirúrgico que compreende uma camada de tampão disposta entre a camada de superfície de substrato ativada e a camada de metal de válvula conforme mostrado na Figura 3A com a camada de tampão destacada;

[0031] a Figura 3C é uma vista em seção transversal da camada de tampão da Figura 3A ou Figura 3B que compreende uma pluralidade de camadas alternadas de um primeiro material e de um segundo material;

[0032] a Figura 3D é uma vista em seção transversal de outra modalidade exemplificadora de um implante cirúrgico de acordo com a presente invenção que ilustra uma camada condutiva 15 como parte da pluralidade de camadas dispostas sobre a superfície exterior do substrato;

[0033] a Figura 4 ilustra uma âncora óssea exemplificadora produzida a partir de polímero similar a PEEK com tratamento de superfície integrador ósseo;

[0034] a Figura 5 ilustra uma vista em perspectiva de um implante

cirúrgico para uso após a remoção de um disco intervertebral de uma coluna vertebral humana onde a superfície externa 20 e a superfície interna 21 foram ativadas de acordo com uma modalidade exemplificadora da presente invenção;

[0035] a Figura 6A ilustra implante cirúrgico 30 para reconstrução de uma calota craniana de acordo com as modalidades aqui descritas; e

[0036] a Figura 6B ilustra um implante cirúrgico 30 em relação a um crânio humano para reconstrução de uma calota craniana de acordo com as modalidades aqui descritas.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0037] Será feita agora referência em detalhes às várias modalidades da presente descrição, exemplos das quais são ilustrados nos desenhos em anexo das Figuras 1 a 6. Sempre que possível, as referências numéricas iguais serão usadas por todos os desenhos para se referir a partes iguais ou similares.

[0038] Em um aspecto, a presente invenção fornece um implante cirúrgico que compreende um substrato que tem uma superfície exterior e uma pluralidade de camadas dispostas sobre a superfície exterior do substrato. O substrato compreende um material polimérico e em que a pluralidade de camadas compreende: (i) uma camada de superfície de substrato ativada; (ii) uma camada de metal de válvula; e (iii) uma camada de óxido de metal de válvula porosa, em que a camada de metal de válvula é disposta entre a camada de substrato ativada e a camada de óxido de metal de válvula porosa.

[0039] Tipicamente, um substrato exemplificador para uso no implante cirúrgico de acordo com a presente invenção compreende um material polimérico. O material polimérico pode ser um material polimérico termoplástico, por exemplo, polietileno. Em outro exemplo, o material polimérico pode ser um material de poli(aril-éter-cetona) (PAEK).

Em uma modalidade, poli(aril-éter-cetona) (PAEK) inclui poliéster cetona (PEK), poliéster éter cetona (PEEK), poli éter cetona cetona (PEKK), poliéster éter cetona cetona (PEEKK), poliéster cetona éter cetona cetona (PEKEKK) e combinações dos mesmos. Em uma modalidade, a poli(aril-éter-cetona) (PAEK) é poliéster éter cetona (PEEK). Em outra modalidade, a poli(aril-éter-cetona) (PAEK) é poli éter cetona cetona (PEKK).

[0040] Em algumas modalidades, o substrato compreende uma poli(aril-éter-cetona) reforçada (PAEK). Em uma modalidade, o reforço compreende fibras de vidro curtas, fibras de vidro longas, fibras de carbono ou combinações dos mesmos.

[0041] Em algumas modalidades, o substrato compreende um material rádio-opaco selecionado independentemente do grupo que consiste em Zr, ZrO₂, ZnO, Ba, BaSO₄, Ta, Ta₂O₅, Au, Nb, Nb₂O₅, Bi e Bi₂O₃. Em uma modalidade, o material rádio-opaco é BaSO₄. Os materiais rádio-opacos exemplificadores adequados para uso na presente invenção podem ser encontrados na publicação de pedido de patente US n° 2007/0191708 cuja descrição está aqui incorporada inteiramente a título de referência.

[0042] Em uma modalidade, o substrato compreende um material de poli(aril-éter-cetona) ("PAEK") ou um material termoplástico como polietileno, sendo que cada um tem uma espessura na faixa de cerca de 1 mm a cerca de 5 cm. Em outra modalidade, o substrato que compreende um material de poli(aril-éter-cetona) ("PAEK") ou um material termoplástico como polietileno, tem uma espessura na faixa de cerca de 1 mm a cerca de 5 cm. Em outra modalidade, o material PAEK ou um material termoplástico como polietileno tem uma espessura na faixa de cerca de 0,1 cm a 1 cm, de cerca de 0,2 cm a cerca de 1 cm, de cerca de 0,3 cm a cerca de 1 cm, de cerca de 0,4 cm a cerca de 1 cm, de cerca de 0,5 cm a cerca de 1 cm, de cerca de 0,6 cm a cerca de 1

cm, de cerca de 0,7 cm a cerca de 1 cm, de cerca de 0,8 cm a cerca de 1 cm, de cerca de 0,9 cm a cerca de 1 cm, de cerca de 0,1 cm a cerca de 2 cm, de cerca de 0,2 cm a cerca de 2 cm, de cerca de 0,3 cm a cerca de 2 cm, de cerca de 0,4 cm a cerca de 2 cm, de cerca de 0,5 cm a cerca de 2 cm, de cerca de 0,6 cm a cerca de 2 cm, de cerca de 0,7 cm a cerca de 2 cm, de cerca de 0,8 cm a cerca de 2 cm, de cerca de 0,9 cm a cerca de 2 cm, de cerca de 0,1 cm a cerca de 3 cm, de cerca de 0,2 cm a cerca de 3 cm, de cerca de 0,3 cm a cerca de 3 cm, de cerca de 0,4 cm a cerca de 3 cm, de cerca de 0,5 cm a cerca de 3 cm, de cerca de 0,6 cm a cerca de 3 cm, de cerca de 0,7 cm a cerca de 3 cm, de cerca de 0,8 cm a cerca de 3 cm, de cerca de 0,9 cm a cerca de 3 cm, de cerca de 0,1 cm a cerca de 4 cm, de cerca de 0,2 cm a cerca de 4 cm, de cerca de 0,3 cm a cerca de 4 cm, de cerca de 0,4 cm a cerca de 4 cm, de cerca de 0,5 cm a cerca de 4 cm, de cerca de 0,6 cm a cerca de 4 cm, de cerca de 0,7 cm a cerca de 4 cm, de cerca de 0,8 cm a cerca de 4 cm, de cerca de 0,9 cm a cerca de 4 cm, de cerca de 0,1 cm a cerca de 5 cm, de cerca de 0,2 cm a cerca de 5 cm, de cerca de 0,3 cm a cerca de 5 cm, de cerca de 0,4 cm a cerca de 5 cm, de cerca de 0,5 cm a cerca de 5 cm, de cerca de 0,6 cm a cerca de 5 cm, de cerca de 0,7 cm a cerca de 5 cm, de cerca de 0,8 cm a cerca de 5 cm e de cerca de 0,9 cm a cerca de 5 cm.

[0043] Em uma modalidade, a camada de superfície de substrato ativada tem uma espessura de superfície entre cerca de 1 camada atômica a cerca de 1 μm . Em uma modalidade, a camada de superfície de substrato ativada tem uma espessura de superfície em uma faixa selecionada independentemente do grupo que consiste em de cerca de 0,1 μm a cerca de 1 μm , de cerca de 0,2 μm a cerca de 2 μm , de cerca de 0,3 μm a cerca de 3 μm , de cerca de 0,4 a cerca de 4 μm , de cerca de 0,5 a cerca de 5 μm , de cerca de 0,6 μm a cerca de 6 μm , de cerca de 0,7 μm a cerca de 7 μm , de cerca de 0,8 μm a cerca de 8 μm ,

de cerca de 0,9 µm a cerca de 9 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,2 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,3 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,4 µm, de cerca de 0,1 a cerca de 0,5 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,6 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,7 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,8 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,9 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 0,3 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 0,4 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 0,5 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 0,6 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 0,7 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 0,8 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 0,9 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 0,4 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 0,5 µm, de cerca de 0,3 a cerca de 0,6 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 0,7 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 0,8 µm, de cerca de 0,3 a cerca de 0,9 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 0,5 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 0,6 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 0,7 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 0,8 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 0,9 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 0,6 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 0,7 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 0,8 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 0,9 µm, de cerca de 0,7 µm a cerca de 0,8 µm e de cerca de 0,7 µm a cerca de 0,9 µm.

[0044] Em algumas modalidades, a camada de metal de válvula é selecionada independentemente do grupo que consiste em titânio, tungstênio, alumínio, háfnio, nióbio, tântalo e zircônio.

[0045] Em algumas modalidades, a camada de metal de válvula tem uma espessura de cerca de 1 nm a cerca de 20 µm. Em uma modalidade, a camada de metal de válvula tem uma espessura em uma faixa selecionada independentemente de cerca do grupo que consiste em de cerca de 1.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 2.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 3.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 4.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 5.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 6.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cer-

ca de 7.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 8.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 9.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 10.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 11.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 12.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 13.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 14.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 15.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 16.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 17.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 18.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 19.000 nm a cerca de 20.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 2.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 3.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 4.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 5.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 6.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 7.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 8.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 9.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 10.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 11.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 12.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 13.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 14.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 15.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 16.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 17.000 nm, de cerca de 1.000 nm a cerca de 18.000 nm e de cerca de 1.000 nm a cerca de 19.000 nm.

[0046] Em algumas modalidades, a camada de óxido de metal de válvula porosa tem uma espessura de cerca de 2 µm a cerca de 10 µm. Em uma modalidade, a camada de óxido de metal de válvula porosa tem uma espessura que está em uma faixa selecionada independentemente do grupo que consiste em de 2.000 nm a 3.000 nm, de 3.000 nm a 4.000 nm, de 4.000 nm a 5.000 nm, de 5.000 nm a 6.000 nm, de 6.000 nm a 7.000 nm, de 7.000 nm a 8.000 nm, de 8.000 nm a 9.000 nm, de 9.000 nm a 10.000 nm.

[0047] Em uma modalidade, a camada de óxido de metal de válvula

la porosa tem poros com tamanhos na faixa de cerca de 0,1 µm a cerca de 10 µm. Em outra modalidade, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,2 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,3 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,4 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,5 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,6 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,7 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,8 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,9 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 1,2 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 1,3 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 1,4 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 1,5 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 1,6 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 1,7 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 1,8 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 1,9 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 2,2 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 2,3 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 2,4 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 2,5 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 2,6 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 2,7 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 2,8 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 2,9 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 3,2 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 3,3 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 3,4 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 3,5 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 3,6 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 3,7 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 3,8 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 3,9 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 4,2 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 4,3 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 4,4 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 4,5 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 4,6 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 4,7 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 4,8 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 4,9 µm, de cerca de 0,6 µm a cerca de 5,2 µm, de cerca de 0,6 µm a cerca de 5,3 µm, de cerca de 0,6 µm a cerca de 5,4 µm, de cerca de 0,6 µm a cerca de 5,5 µm, de cerca de 0,6 µm a cerca de 5,6 µm, de cerca de 0,6 µm a cerca de 5,7 µm, de cerca de 0,6 µm a cerca de 5,8 µm, de cerca de 0,6 µm a cerca de 5,9 µm, de cerca de 0,7 µm a cerca de 6,2 µm, de cerca de 0,7 µm a cerca de 6,3 µm, de cerca de 0,7 µm a cerca de 6,4 µm, de cerca de

0,7 µm a cerca de 6,5 µm, de cerca de 0,7 µm a cerca de 6,6 µm, de cerca de 0,7 µm a cerca de 6,7 µm, de cerca de 0,7 µm a cerca de 6,8 µm, de cerca de 0,7 µm a cerca de 6,9 µm, de cerca de 0,8 µm a cerca de 7,2 µm, de cerca de 0,8 µm a cerca de 7,3 µm, de cerca de 0,8 µm a cerca de 7,4 µm, de cerca de 0,8 µm a cerca de 7,5 µm, de cerca de 0,8 µm a cerca de 7,6 µm, de cerca de 0,8 µm a cerca de 7,7 µm, de cerca de 0,8 µm a cerca de 7,8 µm, de cerca de 0,8 µm a cerca de 7,9 µm, de cerca de 0,9 µm a cerca de 8,2 µm, de cerca de 0,9 µm a cerca de 8,3 µm, de cerca de 0,9 µm a cerca de 8,4 µm, de cerca de 0,9 µm a cerca de 8,5 µm, de cerca de 0,9 µm a cerca de 8,6 µm, de cerca de 0,9 µm a cerca de 8,7 µm, de cerca de 0,9 µm a cerca de 8,8 µm, de cerca de 0,9 µm a cerca de 8,9 µm, de cerca de 1 µm a cerca de 9,2 µm, de cerca de 1 µm a cerca de 9,3 µm, de cerca de 1 µm a cerca de 9,4 µm, de cerca de 1 µm a cerca de 9,5 µm, de cerca de 1 µm a cerca de 9,6 µm, de cerca de 1 µm a cerca de 9,7 µm, de cerca de 1 µm a cerca de 9,8 µm, de cerca de 1 µm a cerca de 9,9 µm, de cerca de 2 µm a cerca de 9,2 µm, de cerca de 2 µm a cerca de 9,3 µm, de cerca de 2 µm a cerca de 9,4 µm, de cerca de 2 µm a cerca de 9,5 µm, de cerca de 2 µm a cerca de 9,6 µm, de cerca de 2 µm a cerca de 9,7 µm, de cerca de 2 µm a cerca de 9,8 µm, de cerca de 2 µm a cerca de 9,9 µm, de cerca de 3 µm a cerca de 9,3 µm, de cerca de 3 µm a cerca de 9,3 µm, de cerca de 3 µm a cerca de 9,4 µm, de cerca de 3 µm a cerca de 9,5 µm, de cerca de 3 µm a cerca de 9,6 µm, de cerca de 3 µm a cerca de 9,7 µm, de cerca de 3 µm a cerca de 9,8 µm, de cerca de 3 µm a cerca de 9,9 µm, de cerca de 4 µm a cerca de 9,2 µm, de cerca de 4 µm a cerca de 9,3 µm, de cerca de 4 µm a cerca de 9,4 µm, de cerca de 4 µm a cerca de 9,5 µm, de cerca de 4 µm a cerca de 9,6 µm, de cerca de 4 µm a cerca de 9,7 µm, de cerca de 4 µm a cerca de 9,8 µm, de cerca de 4 µm a cerca de 9,9 µm, de cerca de 5 µm a cerca de 9,2 µm, de cerca de 5 µm a cerca de 9,3 µm, de cerca de 5 µm a cerca

de 9,4 µm, de cerca de 5 µm a cerca de 9,5 µm, de cerca de 5 µm a cerca de 9,6 µm, de cerca de 5 µm a cerca de 9,7 µm, de cerca de 5 µm a cerca de 9,8 µm, de cerca de 5 µm a cerca de 9,9 µm, de cerca de 6 µm a cerca de 9,2 µm, de cerca de 6 µm a cerca de 9,3 µm, de cerca de 6 µm a cerca de 9,4 µm, de cerca de 6 µm a cerca de 9,5 µm, de cerca de 6 µm a cerca de 9,6 µm, de cerca de 6 µm a cerca de 9,7 µm, de cerca de 6 µm a cerca de 9,8 µm, de cerca de 6 µm a cerca de 9,9 µm, de cerca de 7 µm a cerca de 9,2 µm, de cerca de 7 µm a cerca de 9,3 µm, de cerca de 7 µm a cerca de 9,4 µm, de cerca de 7 µm a cerca de 9,5 µm, de cerca de 7 µm a cerca de 9,6 µm, de cerca de 7 µm a cerca de 9,7 µm, de cerca de 7 µm a cerca de 9,8 µm, de cerca de 7 µm a cerca de 9,9 µm, de cerca de 8 µm a cerca de 9,2 µm, de cerca de 8 µm a cerca de 9,3 µm, de cerca de 8 µm a cerca de 9,4 µm, de cerca de 8 µm a cerca de 9,5 µm, de cerca de 8 µm a cerca de 9,6 µm, de cerca de 8 µm a cerca de 9,7 µm, de cerca de 8 µm a cerca de 9,8 µm, de cerca de 8 µm a cerca de 9,9 µm, de cerca de 9 µm a cerca de 9,2 µm, de cerca de 9 µm a cerca de 9,3 µm, de cerca de 9 µm a cerca de 9,4 µm, de cerca de 9 µm a cerca de 9,5 µm, de cerca de 9 µm a cerca de 9,6 µm, de cerca de 9 µm a cerca de 9,7 µm, de cerca de 9 µm a cerca de 9,8 µm e de cerca de 9 µm a cerca de 9,9 µm.

[0048] Em outra modalidade, a camada de óxido de metal de válvula porosa tem uma densidade de poro na faixa de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 500.000 poros/mm². Em outra modalidade, a camada de óxido de metal de válvula porosa tem uma densidade de poro que está em uma faixa selecionada independentemente do grupo que consiste em de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 50.000 poros/mm², de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 100.000 poros/mm², de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 150.000 poros/mm², de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 250.000 poros/mm², de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 300.000 po-

ros/mm², de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 350.000 poros/mm², de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 400.000 poros/mm², de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 50.000 poros/mm² a cerca de 100.000 poros/mm², de cerca de 50.000 poros/mm² a cerca de 150.000 poros/mm², de cerca de 50.000 poros/mm² a cerca de 250.000 poros/mm², de cerca de 50.000 poros/mm² a cerca de 300.000 poros/mm², de cerca de 50.000 poros/mm² a cerca de 350.000 poros/mm², de cerca de 50.000 poros/mm² a cerca de 400.000 poros/mm², de cerca de 50.000 poros/mm² a cerca de 500.000 poros/mm², de cerca de 150.000 poros/mm² a cerca de 150.000 poros/mm², de cerca de 150.000 poros/mm² a cerca de 250.000 poros/mm², de cerca de 150.000 poros/mm² a cerca de 300.000 poros/mm², de cerca de 150.000 poros/mm² a cerca de 350.000 poros/mm², de cerca de 150.000 poros/mm² a cerca de 400.000 poros/mm², de cerca de 150.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 150.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 200.000 poros/mm² a cerca de 250.000 poros/mm², de cerca de 200.000 poros/mm² a cerca de 300.000 poros/mm², de cerca de 200.000 poros/mm² a cerca de 350.000 poros/mm², de cerca de 200.000 poros/mm² a cerca de 400.000 poros/mm², de cerca de 200.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 250.000 poros/mm² a cerca de 300.000 poros/mm², de cerca de 250.000 poros/mm² a cerca de 350.000 poros/mm², de cerca de 250.000 poros/mm² a cerca de 400.000 poros/mm², de cerca de 250.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 250.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 300.000 poros/mm² a cerca de 350.000 poros/mm², de cerca de 300.000 poros/mm² a cerca de 400.000 poros/mm²

ros/mm², de cerca de 300.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 300.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 350.000 poros/mm² a cerca de 400.000 poros/mm², de cerca de 350.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 350.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 400.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm² e de cerca de 450.000 poros/mm² a cerca de 500.000 poros/mm².

[0049] Em algumas modalidades, a pluralidade de camadas compreende adicionalmente uma camada de tampão. Em uma modalidade, a camada de tampão é disposta entre a camada de superfície de substrato ativada e a camada de metal de válvula.

[0050] Em algumas modalidades, a camada de tampão tem uma espessura na faixa de 100 nm a 1.000 nm. Em modalidades adicionais, a camada de tampão tem uma espessura que está em uma faixa selecionada independentemente do grupo que consiste em de 100 nm a 200 nm, de 100 nm a 300 nm, de 100 nm a 400 nm, de 100 nm a 500 nm, de 100 nm a 600 nm, de 100 nm a 700 nm, de 100 nm a 800 nm, de 100 nm a 900 nm, de 200 nm a 300 nm, de 200 nm a 400 nm, de 200 nm a 500 nm, de 200 nm a 600 nm, de 200 nm a 700 nm, de 200 nm a 800 nm, de 200 nm a 900 nm, de 200 nm a 100 nm, de 300 nm a 400 nm, de 300 nm a 500 nm, de 300 nm a 600 nm, de 300 nm a 700 nm, de 300 nm a 800 nm, de 300 nm a 900 nm, de 300 nm a 100 nm, de 400 nm a 500 nm, de 400 nm a 600 nm, de 400 nm a 700 nm, de 400 nm a 800 nm, de 400 nm a 900 nm, de 400 nm a 100 nm, de 500 nm a 600 nm, de 500 nm a 700 nm, de 500 nm a 800 nm, de 500 nm a 900 nm, de 500 nm a 100 nm, de 600 nm a 700 nm, de 600 nm a 800 nm, de 600 nm a 900 nm, de 600 nm a 100 nm, de 700 nm a 800 nm, de 700 nm a 900 nm, de 700 nm a 100 nm, de 800 nm a 900 nm, de 800 nm a 100 nm e de 900 nm a 1.000 nm.

[0051] Em uma modalidade, a camada de tampão compreende uma pluralidade de camadas alternadas de um primeiro material e um segundo material. Em uma modalidade, o primeiro material compreende um material de metal e o segundo material compreende um nitreto ou um carboneto do material de metal. Em uma modalidade específica, o primeiro material compreende Ti e/ou Cr. Em outra modalidade, o segundo material compreende TiN e/ou CrN e/ou TiC e/ou CrC.

[0052] Em uma modalidade, cada camada alternada da pluralidade de camadas alternadas do primeiro material tem uma espessura na faixa de 10 nm a 100 nm. Em outra modalidade, cada camada alternada da pluralidade de camadas alternadas do primeiro material tem uma espessura que está em uma faixa selecionada independentemente do grupo que consiste em de 10 nm a 20 nm, de 10 nm a 30 nm, de 10 nm a 40 nm, de 10 nm a 50 nm, de 10 nm a 60 nm, de 10 nm a 70 nm, de 10 nm a 80 nm, de 10 nm a 90 nm, de 20 nm a 30 nm, de 20 nm a 40 nm, de 20 nm a 50 nm, de 20 nm a 60 nm, de 20 nm a 70 nm, de 20 nm a 80 nm, de 20 nm a 90 nm, de 20 nm a 100 nm, de 30 nm a 40 nm, de 30 nm a 50 nm, de 30 nm a 60 nm, de 30 nm a 70 nm, de 30 nm a 80 nm, de 30 nm a 90 nm, de 30 nm a 100 nm, de 40 nm a 50 nm, de 40 nm a 60 nm, de 40 nm a 70 nm, de 40 nm a 80 nm, de 40 nm a 90 nm, de 40 nm a 100 nm, de 50 nm a 60 nm, de 50 nm a 70 nm, de 50 nm a 80 nm, de 50 nm a 90 nm, de 50 nm a 100 nm, de 60 nm a 70 nm, de 60 nm a 80 nm, de 60 nm a 90 nm, de 60 nm a 100 nm, de 70 nm a 80 nm, de 70 nm a 90 nm, de 70 nm a 100 nm, de 80 nm a 90 nm, de 80 nm a 100 nm e de 90 nm a 100 nm.

[0053] Em uma modalidade, cada camada alternada da pluralidade de camadas alternadas do segundo material tem uma espessura na faixa de 10 nm a 100 nm. Em outra modalidade, cada camada alternada da pluralidade de camadas alternadas do segundo material tem uma espessura que está em uma faixa selecionada independentemente

te do grupo que consiste em de 10 nm a 20 nm, de 10 nm a 30 nm, de 10 nm a 40 nm, de 10 nm a 50 nm, de 10 nm a 60 nm, de 10 nm a 70 nm, de 10 nm a 80 nm, de 10 nm a 90 nm, de 20 nm a 30 nm, de 20 nm a 40 nm, de 20 nm a 50 nm, de 20 nm a 60 nm, de 20 nm a 70 nm, de 20 nm a 80 nm, de 20 nm a 90 nm, de 20 nm a 100 nm, de 30 nm a 40 nm, de 30 nm a 50 nm, de 30 nm a 60 nm, de 30 nm a 70 nm, de 30 nm a 80 nm, de 30 nm a 90 nm, de 30 nm a 100 nm, de 40 nm a 50 nm, de 40 nm a 60 nm, de 40 nm a 70 nm, de 40 nm a 80 nm, de 40 nm a 90 nm, de 40 nm a 100 nm, de 50 nm a 60 nm, de 50 nm a 70 nm, de 50 nm a 80 nm, de 50 nm a 90 nm, de 50 nm a 100 nm, de 60 nm a 70 nm, de 60 nm a 80 nm, de 60 nm a 90 nm, de 60 nm a 100 nm, de 70 nm a 80 nm, de 70 nm a 90 nm, de 70 nm a 100 nm, de 80 nm a 90 nm, de 80 nm a 100 nm e de 90 nm a 100 nm.

[0054] Em uma modalidade, cada camada alternada da pluralidade de camadas alternadas do primeiro material e do segundo material tem uma espessura na faixa de 10 nm a 100 nm. Em outra modalidade, cada camada alternada da pluralidade de camadas alternadas do primeiro material e do segundo material tem uma espessura que está em uma faixa selecionada independentemente do grupo que consiste em de 10 nm a 20 nm, de 10 nm a 30 nm, de 10 nm a 40 nm, de 10 nm a 50 nm, de 10 nm a 60 nm, de 10 nm a 70 nm, de 10 nm a 80 nm, de 10 nm a 90 nm, de 20 nm a 30 nm, de 20 nm a 40 nm, de 20 nm a 50 nm, de 20 nm a 60 nm, de 20 nm a 70 nm, de 20 nm a 80 nm, de 20 nm a 90 nm, de 20 nm a 100 nm, de 30 nm a 40 nm, de 30 nm a 50 nm, de 30 nm a 60 nm, de 30 nm a 70 nm, de 30 nm a 80 nm, de 30 nm a 90 nm, de 30 nm a 100 nm, de 40 nm a 50 nm, de 40 nm a 60 nm, de 40 nm a 70 nm, de 40 nm a 80 nm, de 40 nm a 90 nm, de 40 nm a 100 nm, de 50 nm a 60 nm, de 50 nm a 70 nm, de 50 nm a 80 nm, de 50 nm a 90 nm, de 50 nm a 100 nm, de 60 nm a 70 nm, de 60 nm a 80 nm, de 60 nm a 90 nm, de 60 nm a 100 nm, de 70 nm a 80 nm, de 70 nm a 90 nm, de 70 nm a 100 nm, de 80 nm a 90 nm, de 80 nm a 100 nm, de 90 nm a 100 nm.

nm, de 70 nm a 90 nm, de 70 nm a 100 nm, de 80 nm a 90 nm, de 80 nm a 100 nm e de 90 nm a 100 nm.

[0055] Em outra modalidade, a camada de tampão compreende um material cristalino ou amorfo. Em tal modalidade, o material cristalino ou amorfo é selecionado independentemente do grupo que consiste em TiO_2 , Ta_2O_5 , Nb_2O_5 , ZrO_2 , SiO_2 , RuO_2 ou MoO_2 , MoO_3 , VO , VO_2 , V_2O_3 , V_2O_5 , CrO , Cr_2O_3 , CrO_3 e combinações dos mesmos.

[0056] Em ainda outra modalidade, a camada de tampão compreende a pluralidade de camadas alternadas de um primeiro material, um segundo material e um terceiro material. Em uma modalidade, a camada de tampão compreende de 1 a 10 grupos de três camadas alternadas. Em uma modalidade adicional, o primeiro material que compreende um óxido de um primeiro material de metal; o segundo material que compreende um nitreto de um segundo material de metal, em que o segundo material de metal pode ser igual ou diferente do primeiro material de metal; e o terceiro material que compreende um terceiro material de metal em que tal terceiro material de metal pode ser igual ou diferente do primeiro material de metal e/ou do segundo material de metal. Em uma modalidade em particular, o primeiro material é Ta_2O_5 , o segundo material é AlN e o terceiro material é Au , resultando em uma camada de tampão que compreende uma pluralidade de camadas alternadas de $Ta_2O_5/AlN/Au$.

[0057] Em algumas modalidades de acordo com a presente invenção, a pluralidade de camadas dispostas sobre o substrato compreende adicionalmente uma camada adesiva disposta entre a camada de superfície de substrato ativada e a camada de metal de válvula. Em tal modalidade, a camada adesiva é uma camada de polissilano derivada de trimetoxissilano de metilacriloxipropila.

[0058] Em outras modalidades do implante cirúrgico de acordo com a presente invenção, a pluralidade de camadas compreende adi-

cionalmente uma camada condutiva formada de um metal não oxidável condutivo. Em uma modalidade, o metal não oxidável condutivo é selecionado independentemente do grupo que consiste em Au, Pt, Pd e combinações dos mesmos. Em uma modalidade, a camada condutiva está situada entre a camada de tampão e a camada de metal de válvula. Em outra modalidade, a camada condutiva tem uma espessura: na faixa de 100 nm a 1.000 nm; 100 nm a 500 nm; e 200 nm a 300 nm.

[0059] Em algumas modalidades, o implante cirúrgico inclui um revestimento de um sal de prata localizado na camada de óxido de metal de válvula porosa. Em tal modalidade, o sal de prata é AgNO₃.

[0060] Em algumas modalidades exemplificadoras de um implante cirúrgico de acordo com a presente invenção, o implante cirúrgico compreende um substrato que tem uma superfície exterior e uma pluralidade de camadas dispostas sobre a superfície exterior do substrato, em que o substrato compreende um material de poli(aril-éter-cetona) (PAEK) ou um material termoplástico como polietileno. Em uma modalidade, a pluralidade de camadas cobre substancialmente a superfície exterior inteira do substrato. Para os propósitos desta modalidade, cobrir substancialmente significa que pelo menos 95% da superfície exterior do substrato está coberta pela pluralidade de camadas.

[0061] Dispositivos médicos implantáveis são fabricados para uma variedade de aplicações médicas/clínicas incluindo para substituir uma estrutura biológica perdida, para sustentar uma estrutura biológica danificada ou para melhorar uma estrutura biológica existente. Os implantes e/ou as superfícies dos implantes que entram em contato com o corpo/tecidos do corpo variam nas composições dos mesmos. Alguns dos implantes podem ser feitos de materiais biomédicos como titânio, silicone ou apatita dependendo da funcionalidade de implante

desejada. Em alguns casos, implantes contêm componentes eletrônicos, por exemplo, marca-passo artificial e implantes cocleares e/ou são bioativos como dispositivos de aplicação de fármacos subcutâneos na forma de pílulas implantáveis ou stents para eluir fármacos.

[0062] Os implantes cirúrgicos existem para aplicações médicas/clínicas na área de ortopedia, neurocirurgia, cardiologia e cirurgia cardiotorácica, dentre outras. Exemplos não limitadores de implantes cirúrgicos incluem: implantes cardiovasculares, por exemplo, próteses de válvula cardíaca e próteses vasculares tubulares; implantes neurocirúrgicos, por exemplo, desvios e componentes hidrocefálicos; presilhas de aneurisma intracraniano; substituições de ossos e articulações, por exemplo, próteses de articulação da coxa totais ou parciais e próteses da articulação do joelho totais; dispositivos de osteossíntese e espinhais, por exemplo, parafusos de osso de metal, placas de osso de metal, pinos medulares, pinos e fios esqueléticos metálicos e próteses de disco espinhal intervertebral totais; implantes de cirurgia bucomaxilofacial; e sistemas espinhais e pélvicos como o Universal Spine System, Harrington System e sistemas convencionais.

[0063] Consequentemente, implantes cirúrgicos incluem uma ampla faixa de produtos de diferentes composições, complexidade estrutural e aplicações médicas/clínicas. Assim, implantes para uso de acordo com modalidades exemplificadoras da presente invenção podem variar no tamanho, formato e outras características físicas e químicas que dependem do contexto de uso.

[0064] Consequentemente, em uma modalidade, o implante cirúrgico de acordo com a presente invenção tem um formato selecionado independentemente do grupo que consiste em: parafuso, pino, hastes, placas, pregos, âncoras de osso, presilhas, placa com pirâmides ou estacas ou quilhas, placa 3D anatômica, estrutura de substituição de osso complexa e armação.

[0065] Uma pessoa versada na técnica irá apreciar que as propriedades, por exemplo, escala, formato, composição química, etc., de implantes adequados, podem ser selecionadas para obter um resultado desejado, por exemplo, reparo de órgão, substituição de órgão ou acréscimo de órgão.

[0066] Em um outro aspecto, a presente invenção fornece um revestimento para um material de implante cirúrgico de poli(aril-éter-cetona) (PAEK) ou termoplástico, tal como polietileno, que compreende uma pluralidade de camadas. Em outra exemplificadora, o revestimento tem uma camada de revestimento exterior que tem poros com tamanhos na faixa de cerca de 0,1 µm a cerca de 10 µm. Em outra modalidade, a camada de revestimento exterior tem poros com tamanhos selecionados independentemente do grupo que consiste em uma faixa de: de cerca de 0,1 µm a cerca de 1 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 2 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 3 µm, de cerca de 0,4 a cerca de 4 µm, de cerca de 0,5 a cerca de 5 µm, de cerca de 0,6 µm a cerca de 6 µm, de cerca de 0,7 µm a cerca de 7 µm, de cerca de 0,8 µm a cerca de 8 µm, de cerca de 0,9 µm a cerca de 9 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,2 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,3 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,4 µm, de cerca de 0,1 a cerca de 0,5 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,6 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,7 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,8 µm, de cerca de 0,1 µm a cerca de 0,9 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 0,3 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 0,4 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 0,5 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 0,6 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 0,7 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 0,8 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 0,9 µm, de cerca de 0,2 µm a cerca de 10 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 0,4 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 0,5 µm, de cerca de 0,3 a cerca de 0,6 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 0,7 µm, de cerca de 0,3 µm a cerca de 0,8 µm, de cerca de 0,3 a cerca de 0,9 µm, de

cerca de 0,3 µm a cerca de 10 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 0,5 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 0,6 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 0,7 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 0,8 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 0,9 µm, de cerca de 0,4 µm a cerca de 10 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 0,6 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 0,7 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 0,8 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 0,9 µm, de cerca de 0,5 µm a cerca de 10 µm, de cerca de 0,7 µm a cerca de 0,8 µm, de cerca de 0,7 µm a cerca de 0,9 µm e de cerca de 0,7 µm a cerca de 10 µm.

[0067] Em outras modalidades, a camada de revestimento exterior tem poros com uma densidade de poro na faixa de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 500.000 poros/mm². Em outra modalidade, a camada de revestimento exterior tem poros com uma densidade de poro selecionada independentemente do grupo que consiste em uma faixa de: de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 50.000 poros/mm², de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 100.000 poros/mm², de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 150.000 poros/mm², de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 250.000 poros/mm², de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 300.000 poros/mm², de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 350.000 poros/mm², de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 400.000 poros/mm², de cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 50.000 poros/mm² a cerca de 100.000 poros/mm², de cerca de 50.000 poros/mm² a cerca de 150.000 poros/mm², de cerca de 50.000 poros/mm² a cerca de 250.000 poros/mm², de cerca de 50.000 poros/mm² a cerca de 300.000 poros/mm², de cerca de 50.000 poros/mm² a cerca de 350.000 poros/mm², de cerca de 50.000 poros/mm² a cerca de 400.000 poros/mm², de cerca de 50.000 poros/mm² a cerca de 500.000 poros/mm², de cerca de 150.000 poros/mm² a cerca de 150.000 poros/mm², de cerca de

150.000 poros/mm² a cerca de 250.000 poros/mm², de cerca de 150.000 poros/mm² a cerca de 300.000 poros/mm², de cerca de 150.000 poros/mm² a cerca de 350.000 poros/mm², de cerca de 150.000 poros/mm² a cerca de 400.000 poros/mm², de cerca de 150.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 150.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 200.000 poros/mm² a cerca de 250.000 poros/mm², de cerca de 200.000 poros/mm² a cerca de 300.000 poros/mm², de cerca de 200.000 poros/mm² a cerca de 350.000 poros/mm², de cerca de 200.000 poros/mm² a cerca de 400.000 poros/mm², de cerca de 200.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 250.000 poros/mm² a cerca de 300.000 poros/mm², de cerca de 250.000 poros/mm² a cerca de 350.000 poros/mm², de cerca de 250.000 poros/mm² a cerca de 400.000 poros/mm², de cerca de 250.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 250.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 300.000 poros/mm² a cerca de 350.000 poros/mm², de cerca de 300.000 poros/mm² a cerca de 400.000 poros/mm², de cerca de 300.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 300.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 350.000 poros/mm² a cerca de 400.000 poros/mm², de cerca de 350.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 350.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm², de cerca de 400.000 poros/mm² a cerca de 450.000 poros/mm² e de cerca de 450.000 poros/mm² a cerca de 500.000 poros/mm².

[0068] Em algumas modalidades, a camada de revestimento exterior compreende adicionalmente os elementos ou íons de Ti, O, Ca e P.

[0069] Em um outro aspecto, a presente invenção fornece um mé-

todo para produzir as várias modalidades do material de implante cirúrgico de poli(aril-éter-cetona) (PAEK) ou termoplástico, tal como polietileno descrito acima.

[0070] Em uma modalidade exemplificadora, o método comprehende as etapas de: (A) tratar a superfície de substrato exterior por um ou mais processos que compreendem (i) ativação de plasma; (ii) irradiação de feixe de elétrons; (iii) luz ultravioleta; e (iv) irradiação de feixe de íons Ar⁺ de baixa energia; para produzir assim uma camada de superfície de substrato ativada; (B) aplicar uma pluralidade de camadas sobre a camada de superfície de substrato ativada em que pelo menos uma camada compreende uma camada de metal de válvula aplicada a uma espessura de cerca de 1 nm a cerca de 20 µm; e (C) converter uma superfície da camada de metal de válvula através de um processo de anodização para formar assim a camada de óxido de metal de válvula porosa que tem uma espessura de cerca de 2 µm a cerca de 10 µm.

[0071] Em algumas modalidades do método para produzir o material de implante cirúrgico de poli(aril-éter-cetona) (PAEK) ou termoplástico, tal como polietileno, a camada de metal de válvula é aplicada através de um processo selecionado independentemente do grupo que consiste em: deposição a arco catódico, deposição de vapor físico por bombardeamento iônico por magnétron, deposição a laser pulsado, deposição de vapor físico de feixe de elétrons, bombardeamento iônico por magnétron de alta intensidade, deposição a arco de vapor filtrado, deposição e implantação iônica de imersão em plasma de metal, implantação por arco de vácuo de vapor de metal e deposição de vapores químicos assistida por plasma. Em outras modalidades do método para produzir o material de implante cirúrgico de poli(aril-éter-cetona) (PAEK) ou termoplástico, tal como polietileno, a camada de metal de válvula é aplicada por revestimento por imersão ou revesti-

mento por rotação em uma solução contendo compostos de Ti.

[0072] Em uma modalidade, o processo de anodização corresponde a um processo de anodização de faísca realizado em um banho alcalino contendo íons de Ca e P em uma camada de óxido de metal de válvula porosa em que a camada de óxido de metal de válvula porosa contém fosfato de cálcio amorfo. Em outra modalidade, o processo de anodização corresponde a um processo de anodização de cor realizado em um meio ácido. Tal processo de anodização de cor poderia criar uma superfície colorida.

[0073] Em uma modalidade, a pluralidade de camadas é aplicada substancialmente para cobrir a camada de superfície de substrato ativada.

[0074] Em algumas modalidades, o método para produzir o material de implante cirúrgico de poli(aril-éter-cetona) (PAEK) ou termoplástico, tal como polietileno, compreende adicionalmente a etapa de aplicar uma camada de tampão sobre a camada de superfície de substrato ativada antes da aplicação da camada de metal de válvula. Em modalidades adicionais, a etapa de aplicar a camada de tampão compreende aplicar uma pluralidade de camadas alternadas de uma primeira camada de material e de uma segunda camada de material.

[0075] Em algumas modalidades, o método para produzir o material de implante cirúrgico de poli(aril-éter-cetona) (PAEK) ou termoplástico, tal como polietileno, compreende adicionalmente a etapa de aplicar uma camada adesiva entre a camada de superfície de substrato ativada e a camada de tampão.

[0076] Em algumas outras modalidades, o método para produzir o implante cirúrgico de poli(aril-éter-cetona) (PAEK) compreende adicionalmente a etapa de compreender adicionalmente aplicar um metal inoxidável condutivo para formar assim uma camada condutiva abaixo da camada de metal de válvula antes do processo de anodização.

[0077] Em outra modalidade do método para produzir o material de implante cirúrgico de poli(aril-éter-cetona) (PAEK) ou termoplástico, tal como polietileno, compreende adicionalmente uma etapa adicional de aplicar um revestimento de um sal de prata na camada de óxido de metal de válvula porosa. AgNO₃ é um sal de prata exemplificador para uso no método.

[0078] Em uma modalidade exemplificadora do método para produzir o material de implante cirúrgico de poli(aril-éter-cetona) (PAEK) ou termoplástico, tal como polietileno, o PAEK é selecionado independentemente de um grupo que consiste em poliéster cetona (PEK), poliéter éter cetona (PEEK), poli éter cetona cetona (PEKK), poliéter éter cetona cetona (PEEKK) e poliéter cetona éter cetona cetona (PEKEKK).

[0079] Será feita agora referência a exemplos das várias modalidades discutidas acima ilustradas nos desenhos em anexo das Figuras 1 a 6. Sempre que possível, as referências numéricas iguais serão usadas por todos os desenhos para se referir a partes iguais ou similares.

[0080] Com referência à Figura 1, uma ilustração de uma seção esquemática através de uma modalidade exemplificadora do implante cirúrgico de acordo com a invenção é mostrada. O implante cirúrgico exemplificador ilustrado inclui um substrato 1, sendo que o substrato tem uma superfície exterior do substrato 14 e uma pluralidade de camadas dispostas sobre a superfície exterior do substrato 14. Em uma modalidade, a pluralidade de camadas inclui uma camada de superfície de substrato ativada 2, sendo que a camada de superfície de substrato ativada 2 é disposta sobre pelo menos uma porção da superfície exterior do substrato 14. Em uma modalidade, a pluralidade de camadas inclui uma camada de metal de válvula 3 disposta sobre pelo menos uma porção da camada de superfície de substrato ativada 2. Em

outra modalidade, a pluralidade de camadas inclui uma camada de óxido de metal de válvula porosa 4, em que a camada de metal de válvula 3 é disposta entre a camada de superfície de substrato ativada 2 e a camada de óxido de metal de válvula porosa 4.

[0081] A Figura 2 ilustra uma seção esquemática através de outra modalidade exemplificadora do implante cirúrgico de acordo com a invenção. Na modalidade ilustrada, o implante cirúrgico inclui um substrato 1, sendo que o substrato tem superfície exterior e uma pluralidade de camadas dispostas sobre a superfície exterior do substrato. Em uma modalidade, a pluralidade de camadas inclui uma camada que contém silicone e/ou carbono 5. Em outra modalidade, a camada que contém silicone e/ou carbono 5 é disposta entre a camada de superfície de substrato ativada 2 e a camada de metal de válvula 3. Em uma modalidade adicional, a pluralidade de camadas inclui uma camada de óxido de metal de válvula porosa 4 disposta sobre a camada de metal de válvula 3.

[0082] As Figuras 3A e 3B ilustram, cada uma, uma seção esquemática através de outra modalidade exemplificadora do implante cirúrgico de acordo com a invenção. Na modalidade ilustrada, o implante cirúrgico inclui um substrato 1, sendo que o substrato tem uma superfície exterior e uma pluralidade de camadas dispostas sobre a superfície exterior do substrato, em que a pluralidade de camadas inclui uma camada de tampão 6. Em uma modalidade, a camada de tampão é disposta sobre pelo menos uma porção da superfície da camada de superfície de substrato ativada 2. Em outra modalidade, a camada de tampão 6 é disposta entre a camada de superfície de substrato ativada 2 e a camada de metal de válvula 3.

[0083] A Figura 3C é uma ilustração mais detalhada da modalidade exemplificadora da camada de tampão 6 ilustrada na Figura 3B. Conforme ilustrado, a modalidade exemplificadora da camada de tam-

pão 6 compreende uma pluralidade de camadas alternadas de um primeiro material 7 e um segundo material 8. Em uma modalidade, o primeiro material 7 e o segundo material 8 podem ser iguais ou diferentes. Em uma modalidade, o primeiro material 7 compreende um material de metal. Em outra modalidade, o segundo material 8 compreende um nitreto de um material de metal. Em uma modalidade, o primeiro material 7 compreende um material de metal e o segundo material, o segundo material 8, compreende um nitreto do material de metal. Em uma modalidade, o primeiro material 7 compreende Ti. Em uma modalidade, o primeiro material 7 compreende Cr. Em ainda outra modalidade, o primeiro material 7 compreende Ti e Cr. Em outra modalidade, o segundo material compreende TiN. Em outra modalidade, o segundo material compreende CrN. Em outra modalidade, o segundo material compreende TiC. Em outra modalidade, o segundo material compreende CrC. Em ainda outra modalidade, o segundo material compreende um item ou uma combinação de itens TiN, CrN, TiC e CrC.

[0084] Em algumas modalidades, a camada de tampão 6 compreende uma pluralidade de camadas alternadas de um primeiro material que compreende um óxido de um primeiro material de metal; um segundo material que compreende um nitreto de um segundo material de metal, sendo que o segundo material de metal é o mesmo ou diferente do primeiro material de metal; e um terceiro material de metal, por exemplo, $Ta_2O_5/AlN/Au$.

[0085] A Figura 3D ilustra uma seção esquemática através de outra modalidade exemplificadora do implante cirúrgico de acordo com a invenção. Na modalidade ilustrada, o implante cirúrgico inclui um substrato 1, sendo que o substrato tem uma superfície exterior e uma pluralidade de camadas dispostas sobre a superfície exterior do substrato, em que a pluralidade de camadas inclui uma camada condutiva 15.

Em uma modalidade, a camada condutiva 15 é disposta entre a camada de tampão 6 e a camada de metal de válvula 3. Em outra modalidade, a camada condutiva compreende um metal não oxidável condutivo. Em uma modalidade específica, a camada condutiva compreende um metal não oxidável condutivo selecionado independentemente do grupo que consiste em Au, Pt e Pd. Em algumas modalidades, a camada condutiva tem uma espessura que não é maior que 1.000 nm. Em outra modalidade, a camada condutiva tem espessura que não é maior que 100 nm.

[0086] A Figura 4 ilustra uma âncora óssea exemplificadora produzida a partir de polímero similar a PEEK com tratamento de superfície osseointegrador. A âncora óssea ilustrada tem um corpo de âncora de superfície tratada 10, cabeça de inserção de âncora 9, abertura para sutura 12 e recesso de parafuso 11.

[0087] A Figura 5 ilustra um implante cirúrgico esquemático para uso após a remoção de um disco intervertebral de uma coluna vertebral humana onde a superfície externa 20 e a superfície interna 21 foram ativadas.

[0088] A Figura 6 ilustra um implante cirúrgico 30 para reconstrução de uma calota craniana de acordo com as modalidades aqui descritas.

[0089] A Figura 6 ilustra um implante cirúrgico 30 em relação a um crânio humano 35 para reconstrução de uma calota craniana de acordo com as modalidades aqui descritas.

[0090] Será apreciado por aqueles versados na técnica que mudanças poderiam ser feitas às modalidades exemplificadoras mostradas e descritas acima sem sair do amplo conceito inventivo das mesmas. É compreendido, portanto, que esta invenção não é limitada às modalidades exemplificadoras mostradas e descritas, mas intenciona cobrir modificações dentro do espírito e do escopo da presente inven-

ção conforme definidos pelas reivindicações. Por exemplo, características específicas das modalidades exemplificadoras podem ou não ser parte da invenção reivindicada e características das modalidades reveladas podem ser combinadas. A menos que especificamente descrito aqui, os termos "um", "uma", "o" e "a" não se limitam a um elemento, mas, ao invés disso, devem ser lidos com o significado de "pelo menos um".

[0091] É compreendido que pelo menos algumas das Figuras e descrições da invenção foram simplificadas para focar em elementos que são relevantes para um claro entendimento da invenção, enquanto se elimina, para propósitos de clareza, outros elementos que aqueles versados na técnica irão compreender que também podem compreender uma porção da invenção. Entretanto, devido ao fato de tais elementos serem bem conhecidos na técnica e devido ao fato de os mesmos não necessariamente facilitarem uma melhor compreensão da invenção, uma descrição de tais elementos não é fornecida aqui.

[0092] Adicionalmente, até o ponto em que o método não depende da ordem em particular de etapas apresentada aqui, a ordem em particular das etapas não deve ser considerada uma limitação das reivindicações. As reivindicações direcionadas para o método da presente invenção não devem ser limitadas ao desempenho das etapas das mesmas na ordem escrita e um versado na técnica pode imediatamente compreender que as etapas podem ser variadas e ainda permanecerem no espírito e escopo da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Implante cirúrgico, compreendendo:

um substrato que tem uma superfície exterior e uma pluralidade de camadas dispostas sobre a superfície exterior do substrato, em que o substrato compreende um material polimérico, e

caracterizado pelo fato de que a pluralidade de camadas compreende:

(i) uma camada de superfície de substrato ativada;

(ii) uma camada de metal de válvula; e

(iii) uma camada de óxido de metal de válvula porosa, em que a camada de metal de válvula é disposta entre a camada de substrato ativada e a camada de óxido de metal de válvula porosa, e

uma camada de tampão, a dita camada de tampão disposta entre a camada de superfície de substrato ativada e a camada de metal de válvula.

2. Implante cirúrgico, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que** o material polimérico do substrato é um material polimérico termoplástico, preferencialmente em que o material polimérico é um material de poli(aril-éter-cetona) (PAEK).

3. Implante cirúrgico, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo fato de que** a camada de óxido de metal de válvula porosa inclui uma composição de fosfato de cálcio amorfa.

4. Implante cirúrgico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado pelo fato de que** a camada de tampão compreende uma pluralidade de camadas alternadas de um primeiro material e de um segundo material, preferencialmente em que o primeiro material compreende um material de metal e o segundo material compreende um nitreto e/ou um carboneto do material de metal.

5. Implante cirúrgico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado pelo fato de que** a camada de tam-

pão compreende uma pluralidade de camadas alternadas de um primeiro material, um segundo material e um terceiro material, preferencialmente em que o primeiro material é Ta₂O₅, o segundo material é AlN e o terceiro material é Au.

6. Implante cirúrgico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **caracterizado pelo fato de que** o substrato compreende uma poli(aril-éter-cetona) reforçada (PAEK).

7. Implante cirúrgico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado pelo fato de que** a pluralidade de camadas compreende adicionalmente uma camada de polissilano disposta entre a camada de superfície de substrato ativada e a camada de metal de válvula.

8. Implante cirúrgico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **caracterizado pelo fato de que** a pluralidade de camadas ainda compreende uma camada condutiva formada a partir de um metal não oxidável condutivo, preferencialmente em que o metal não oxidável condutivo é selecionado independentemente do grupo que consiste em Au, Pt, Pd e combinações dos mesmos.

10. Revestimento para um implante cirúrgico polimérico, **caracterizado pelo fato de que** compreende uma pluralidade de camadas conforme definidas em qualquer uma das reivindicações 1 a 8, em que uma camada de revestimento exterior tem poros com tamanhos na faixa de cerca de 0,1 µm a cerca de 10 µm; e uma densidade de poro na faixa de: cerca de 10.000 poros/mm² a cerca de 500.000 poros/mm² e a camada de revestimento exterior compreende adicionalmente os elementos ou íons de Ti, O, Ca e P, preferencialmente em que o implante cirúrgico polimérico é um implante cirúrgico de poli(aril-éter-cetona) (PAEK).

11. Método para produzir um implante cirúrgico polimérico conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **caracte-**

rizado pelo fato de que compreende as seguintes etapas:

A) tratar a superfície de substrato exterior através de um ou mais processos, compreendendo:

- (i) ativação de plasma;
- (ii) irradiação de feixe de elétrons;
- (iii) luz ultravioleta; e
- (iv) irradiação de feixe de íons Ar+ de baixa energia;

para produzir assim uma camada de superfície de substrato ativada;

B) aplicar uma camada de tampão sobre a camada de superfície de substrato ativada;

C) aplicar uma pluralidade de camadas sobre a camada de tampão, em que pelo menos uma camada compreende uma camada de metal de válvula aplicada a uma espessura de cerca de 1 nm a cerca de 20 µm; e

D) converter uma superfície da camada de metal de válvula através de um processo de anodização para formar assim uma camada de óxido de metal de válvula porosa que tem uma espessura de cerca de 2 µm a cerca de 10 µm.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado pelo fato de que** o processo de anodização é um processo de anodização por faísca realizado em um banho alcalino contendo íons Ca e P em uma camada de óxido de metal de válvula poroso, em que a dita camada de óxido de metal de válvula porosa contém fosfato de cálcio amorfo.

12. Método, de acordo com a reivindicação 10 ou 11, **caracterizado pelo fato de que** aplicar a camada de tampão compreende aplicar uma pluralidade de camadas alternadas de uma primeira camada de material e uma segunda camada de material.

13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindica-

ções 10 a 12, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende aplicar uma camada adesiva entre a camada de superfície de substrato ativada e a camada de tampão.

14. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 13, **caracterizado pelo fato de que** ainda compreende aplicar um metal não oxidável condutivo para formar uma camada condutiva abaixo da camada de metal de válvula antes do processo de anodização.