



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial



CARTA PATENTE N.º PI 0413417-6

Patente de Invenção

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito : PI 0413417-6

(22) Data do Depósito : 09/11/2004

(43) Data da Publicação do Pedido : 26/05/2005

(51) Classificação Internacional : C23C 14/14; C23C 14/58; C23C 22/64; C23C 22/54

(30) Prioridade Unionista : 14/11/2003 IT MI2003A002209

(54) Título : "PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE UM DISPOSITIVO QUE REQUER UM MATERIAL DE SORÇÃO NÃO EVAPORÁVEL PARA SUA OPERAÇÃO".

(73) Titular : SAES GETTERS S.P.A., Companhia Italiana. Endereço: Viale Italia 77, 20020 Lainate, Milão, Itália (IT).

(72) Inventor : MARCO MORAJA, Técnico(a). Endereço: Via Orobani, 28, 20161 Milão, Itália. Cidadania: Italiana.;
CONSTANZA DRAGONI, Técnico(a). Endereço: Via Einaudi, 19, 06125 Perugia PG, Itália. Cidadania: Italiana.;
MASSIMO PALLADINO, Técnico(a). Endereço: Via Einaudi, 32, I-20020 Lainate MI, Itália. Cidadania: Italiana.;
MARCO AMIOTTI, Técnico(a). Endereço: Via Mattei, 28/D, 20010 Cornaredo MI, Itália. Cidadania: Italiana.

Prazo de Validade : 20 (vinte) anos contados a partir de 09/11/2004, observadas as condições legais.

Expedida em : 14 de Outubro de 2014.

Assinado digitalmente por
Júlio César Castelo Branco Reis Moreira
Diretor de Patentes



“PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE UM DISPOSITIVO QUE REQUER UM MATERIAL DE SORÇÃO NÃO EVAPORÁVEL PARA SUA OPERAÇÃO”

[0001] A presente invenção refere-se a um processo para fabricação de dispositivos que requerem um material de sorção (“material getter”) não evaporável para sua operação. O processo é particularmente adequado para ser usado nos processos para a fabricação de dispositivos miniaturizados.

[0002] Materiais de sorção não evaporáveis, também conhecidos como NEG, são capazes de reversivelmente sorver hidrogênio e reversivelmente sorver gases, tais como oxigênio, água, óxidos de carbono e, em alguns casos, nitrogênio.

[0003] Os principais materiais NEG são metais de transição, tais como titânio, zircônio, vanádio, nióbio, háfnio e tântalo, ou ligas dos mesmos (e, em particular, titânio e zircônio) com um ou mais elementos selecionados entre os metais de transição, terras raras e alumínio.

[0004] Um primeiro uso destes materiais é para manutenção de vácuo. A manutenção de vácuo é requerida em muitas aplicações diferentes, tais como, por exemplo, em aceleradores de partículas, em tubos de geração de raios X, nas telas planas do tipo de emissão de campo e nos invólucros evacuados para isolamento térmico, tais como em vasos térmicos (termos), em garrafas de Dewar ou nas tubulações para extração e transporte de petróleo.

[0005] Os materiais NEG podem ser também empregados para remover os acima mencionados gases quando vestígios deles estão presentes em outros gases, geralmente gases nobres. Um exemplo é o uso em lâmpadas, particularmente lâmpadas fluorescentes, as quais são cheias com gases nobres a pressões de algumas dezenas de mbar, onde o material NEG tem a função de remover vestígios de oxigênio, água, hidrogênio e outros gases para manter uma atmosfera adequada para a operação da lâmpada; um outro exemplo de remoção de vestígios dos acima mencionados gases por outros gases é a purificação de gases inertes, particularmente para aplicações na indústria microeletrônica.

[0006] Uma outra aplicação emergente é o uso de materiais NEG em dispositivos miniaturizados mecânicos, eletromecânicos ou ópticos. Uma vez que estes

dispositivos são industrialmente importantes, e vez que o processo da invenção é particularmente adequado nos processos de fabricação dos mesmos, na seguinte descrição referência será particularmente feita a estes dispositivos e processos, mas deve ser entendido que o presente processo tem aplicabilidade geral em cada aplicação em que um material NEG é usado.

[0007] Os dispositivos miniaturizados mecânicos ou eletromecânicos são geralmente conhecidos no campo com a definição em Inglês de “Sistemas Microeletromecânicos” (“Microelectromechanical Systems”), ou com a abreviação MEMS, enquanto que os dispositivos miniaturizados do tipo óptico são conhecidos com a abreviação MOEMS; por simplicidade, todavia, a definição MEMS será usada no presente texto também com referência a MOEMS. MEMS geralmente compreende um dispositivo ativo (a parte miniaturizada mecânica, eletromecânica ou óptica) e partes auxiliares, encerradas em uma cavidade selada; alimentações elétricas asseguram o suprimento de eletricidade ao dispositivo e a transmissão dos sinais deste para o exterior.

[0008] Os MEMS de última geração são fabricados através de tecnologias derivadas da indústria de semicondutores, os quais compreendem geralmente deposições sobre um suporte de camadas de um material desejado e ataques químicos seletivos e localizados para remover apenas partes previamente definidas de uma camada depositada ou do suporte, de modo a obter estruturas miniaturizadas e geometrias que não poderiam ser obtidas através de meios mecânicos tradicionais. Dentre os tipos principais de MEMS, já usados ou atualmente em desenvolvimento, é possível mencionar microacelerômetros, um exemplo dos quais está exposto na patente US 5.952.572, usada, por exemplo, no campo de automóveis motorizados para perceber colisões e, assim, para ativar a sacola de ar do veículo; espelhos miniaturizados, tais como aqueles expostos na patente US 5.155.778, usados nos sistemas de telecomunicações em fibra óptica; nas disposições de espelhos miniaturizados, como expostas, por exemplo, na patente US 6.469.821, usadas na formação de imagens; ou microbolômetros, isto é, detectores miniaturizados de radiação infravermelha, um exemplo dos quais é

exposto na patente US 6.252.229.

[0009] Várias maneiras de fabricar MEMS foram propostas, mas as mais comuns compreendem o uso de pelo menos dois suportes planares feitos de vidro ou quartzo, material cerâmico (por exemplo, carbetto de silício) ou semicondutor (silício é preferido), sobre os quais os diferentes componentes ativos e passivos dos MEMS são construídos. Usualmente, sobre um dos dois suportes (geralmente feito de silício), as partes ativas são construídas, por exemplo, as partes móveis de um dispositivo micromecânico, enquanto que o segundo suporte (que pode ser feito de vidro ou quartzo, material cerâmico ou semicondutor) tem essencialmente a função de fechar o dispositivo terminado; as alimentações elétricas para transferir sinais entre o interior e o exterior dos MEMS podem ser indiferentemente obtidos em qualquer um dos dois suportes planares.

[0010] Uma vez que todos componentes necessários para a operação dos MEMS foram obtidos sobre os dois suportes, os ditos suportes são fixados um ao outro por meio da soldagem deles ao longo de uma linha que encerra os componentes do dispositivo. O dispositivo miniaturizado é então selado em um espaço fechado e é mecanicamente e quimicamente protegido com relação ao exterior. Inúmeras técnicas, coletivamente conhecidas com a definição de "ligação", podem ser usadas para a soldagem. Uma primeira possibilidade é a soldagem, simples ou por meio de pressão ("ligação por pressão"), onde entre os dois suportes é interposto um metal maleável, tal como índio, chumbo ou ouro, e estes são então fundidos e feitos com que se solidifiquem, no caso de soldagem simples, ou pressionados entre os substratos, no caso de ligação por pressão: esta técnica, todavia, conduz a soldagens que não são completamente confiáveis do ponto de vista da resistência mecânica. Um outro tipo de ligação é a ligação anódica (usada especialmente no caso em que um dos dois suportes é feito de vidro ou quartzo e o outro de silício), onde entre as duas partes, mantidas em uma temperatura na faixa de 300 a 500 °C, é aplicada uma diferença de potencial de cerca de 1000 V; nestas condições, ocorre uma migração de íons positivos a partir do suporte mantido no potencial mais positivo (por exemplo, íons de sódio do vidro) para o suporte mantido

no potencial mais negativo, e de íons negativos (por exemplo, oxigênio do silício) na direção oposta; esta migração de material entre os dois suportes origina a soldagem mútua deles. Uma outra técnica possível é a ligação eutética, onde entre os dois suportes é interposta uma camada de um metal ou liga capaz de formar uma composição eutética com o material de pelo menos um dos dois suportes, de modo que, com um tratamento térmico adequado, é causada uma fusão localizada na área de soldagem. Finalmente, seria possível usar a ligação direta, a qual compreende a fusão localizada do material dos suportes, mas este processo geralmente requer temperaturas demasiadamente elevadas, por exemplo de cerca de 1000 °C no caso de silício, as quais podem danificar as partes componentes do microdispositivo. Geralmente, todos os tipos de ligação requerem um tratamento prévio das superfícies a serem fixadas uma na outra, porque superfícies sujas colocam em risco a firmeza da soldagem. Estes tratamentos são tanto do tipo mecânico (sopro de gás ou lavagem mecânica com CO₂ sólido), visados para remover partículas presentes na área de soldagem, quanto do tipo químico, para eliminar as espécies (por exemplo, óxidos) que alteram a composição da superfície; os tratamentos químicos geralmente envolvem lavagens do suporte com soluções ácidas ou básicas, ou combinações delas, em seqüência.

[0011] Todos dispositivos MEMS requerem uma atmosfera específica para sua operação: por exemplo, o espaço interno de microbolômetros tem rigorosamente que estar sob vácuo, porque vestígios de gases, se algum, forneceria uma contribuição convectiva à transferência de calor no sistema, que alteraria a medição; os MEMS com partes móveis podem ficar no vácuo ou em atmosfera inerte, mas o teor de umidade da atmosfera tem que ser controlada, porque moléculas de água presentes sobre a superfície das diferentes partes que compõem o microdispositivo podem originar fenômenos de adesão ou modificar a fricção entre as partes estacionárias e as partes móveis, desta maneira modificando as características mecânicas do sistema. O controle da atmosfera interna de um MEMS é, conseqüentemente, extremamente importante para sua apropriada operação.

[0012] Existem diferentes mecanismos que tendem a deteriorar a qualidade da

atmosfera interna de um MEMS. Em primeiro lugar, a soldagem entre os dois suportes, embora adequadamente efetuada, sempre deixa vazamentos microscópicos, os quais são canais para a passagem de gases do exterior para o interior da cavidade em que o dispositivo é alojado. Então, as mesmas paredes da cavidade e de todas as partes internas dos MEMS liberam durante o tempo os gases adsorvidos sobre sua superfície ou dissolvidos dentro dos materiais constituintes (fenômeno conhecido como “evolução de gás”); este problema, comum a todos os dispositivos sob vácuo ou que contêm uma atmosfera controlada, é particularmente sentido no caso de MEMS, uma vez que estes têm um valor muito alto da relação entre a superfície interna e o volume da cavidade. Mesmo quando o fluxo de gás em direção ao espaço interno de um MEMS, devido a estes dois fenômenos, é pequeno, existe um fluxo quase constante para toda a vida do dispositivo, de modo que, em longos períodos de tempo, o efeito total de alteração da atmosfera com respeito à atmosfera inicial é importante. Um terceiro fenômeno que consideravelmente contribui para alterar a atmosfera com respeito à atmosfera ótima tem lugar durante o processo de fabricação dos MEMS. Particularmente, a soldagem dos dois suportes requer sempre altas temperaturas, de algumas centenas de graus até cerca de 1000 °C; durante esta etapa de fabricação, ambos os componentes dos MEMS e o material adicionado para a soldagem liberam grandes quantidades de gases que são na maior parte aprisionadas no espaço interno do dispositivo.

[0013] Para prevenir estes problemas, os fabricantes de MEMS usam materiais de sorção no dispositivo. Todavia, diferentemente das produções tradicionais, em que as diferentes partes de um dispositivo são separadamente fabricadas e finalmente montadas, nas produções miniaturizadas, todos componentes de um dispositivo são geralmente fabricados em série sobre um único suporte, ou no máximo sobre dois suportes. Isto causa o problema geral da compatibilidade de cada material depositado sobre um suporte com quaisquer subseqüentes etapas de fabricação; quando existe uma incompatibilidade entre um material e uma etapa de processo, o material já depositado tem que ser temporariamente protegido, por exemplo, com materiais poliméricos, os quais são removidos após a operação crítica

ter sido realizada, mas isto obviamente implica em uma lentidão e uma complicação do processo, com conseqüente elevação de custos. A existência do problema na fabricação de MEMS é confirmada, por exemplo, na patente US 6.252.229. No caso de materiais de sorção ou “material de sorções”, é conhecido que estes materiais têm uma alta reatividade química com pequenas moléculas, ao lado de gases nobres e, em alguns casos, nitrogênio, e, na técnica anterior, foi imaginado que o material de sorção, uma vez depositado sobre um suporte, deve ser protegido até o término do processo de fabricação, isto é, até que ele tenha que ser exposto à atmosfera interna da cavidade, já selada, dos MEMS. Em particular, no estado da técnica, o tratamento de um suporte, sobre o qual um material de sorção já está presente, com os banhos ácidos ou básicos usados para o pré-tratamento das superfícies dos dois suportes antes das operações de soldagem, é considerado particularmente problemático.

[0014] Este problema é o objeto do pedido de patente US-A1-2003/0138656, que expõe um método para fabricação de um suporte com um depósito de material de sorção particularmente para uso em MEMS. Este documento expressamente confirma que o material de sorção é um componente delicado do sistema, e tem que ser temporariamente protegido desde o momento em que ele é fabricado até o término do ciclo de fabricação dos MEMS. Para esta finalidade, o pedido acima mencionado sugere cobrir o depósito de material de sorção com uma camada de poucos nanômetros de um metal nobre, por exemplo, ouro; esta camada é inerte e resistente a gases e a reagentes químicos usados nas diferentes etapas de fabricação dos MEMS, e, assim, protege o depósito de material de sorção durante as ditas etapas. Na última etapa, a de ligação, a temperatura do processo faz com que a camada de metal nobre se difunda no material subjacente, isto é, então exposto à atmosfera na cavidade dos MEMS.

[0015] Outras patentes revelam métodos para evitar este problema, ou mencionam a necessidade da presença do material de sorção nos MEMS sem descrever como integrar a formação deste componente no processo de fabricação total do dispositivo final.

[0016] A acima mencionada patente US 6.252.229 propõe um processo de fabricação que compreende uma etapa dupla de ligação, uma etapa de “ligação por pressão” ao longo de uma linha contínua fechada em torno da cavidade para obter a impermeabilidade a gás, e uma segunda etapa, por exemplo de ligação anódica, mais externa com respeito à primeira, a qual visa realizar uma soldagem mecanicamente resistente dos dois suportes. De acordo com o que foi revelado neste documento, com este processo seria possível eliminar o material de sorção na cavidade dos MEMS, mas, desta maneira, o problema devido ao acúmulo de gás na cavidade em virtude da evolução de gás das superfícies internas não é solucionado; além disto, o método é, em qualquer caso, complexo e caro, requerendo duas etapas de processo para a ligação, a qual é normalmente realizada com uma única operação.

[0017] As patentes US 6.621.134 e US 6.635.509 revelam processos em que o MEMS é fabricado a partir de um único suporte, desta maneira evitando o problema da ligação com o segundo suporte. Estas patentes indicam a presença do material de sorção; todavia, uma vez que a etapa de formatos do depósito de material de sorção tem lugar quase no final do processo, o dito depósito é produzido externamente à cavidade, cobrindo pequenas aberturas obtidas sobre sua parede: nestas condições, a superfície do material de sorção exposta a gases presentes na cavidade é extremamente limitada, pelo que a eficácia de sorção de gás do material de sorção durante a vida do MEMS é também reduzida.

[0018] A patente US 5.701.008 revela um microbolômetro fabricado pela montagem de dois suportes e contendo um material de sorção. Com relação ao processo de fabricação, este documento se refere à prévia patente US 5.433.639, a qual se refere a um processo para fabricação de um sensor de radiação infravermelha de tipo tradicional (não um MEMS), e no qual os diferentes componentes são fabricados em paralelo e finalmente montados; o processo da US 5.433.639 não é diretamente aplicável na US 5.701.008, pelo menos no que se refere à integração do material de sorção na cavidade, e, por conseguinte, este último documento não fornece qualquer informação útil para solucionar o problema.

[0019] Finalmente, a patente US 6.590.850 menciona o uso geral de um material de sorção em um MEMS e descreve sua localização, mas ela não descreve o processo de fabricação do dispositivo e, conseqüentemente, não menciona como introduzir o material de sorção no mesmo; a patente US 5.952.572 é ainda mais vaga, mencionando somente o uso de um material de sorção, uma combinação entre titânio e uma liga de Zr-V-Fe, sem descrever a localização do material de sorção na cavidade, e nem ao menos a etapa de introduzir o material de sorção na dita cavidade.

[0020] Por conseguinte, é claro que, de acordo com o presente estado da técnica, a integração da formação de um depósito de material de sorção no processo de fabricação de um MEMS é ainda um problema aberto, e que as soluções propostas até agora são complicadas e caras.

[0021] O objetivo da presente invenção é prover um processo isento de problemas da técnica anterior para fabricação de dispositivos que requerem um material de sorção não evaporável para sua operação.

[0022] O dito objetivo é atingido de acordo com a presente invenção com um processo em que:

[0023] - um depósito de material de sorção não evaporável é formado sobre um suporte;

[0024] - o suporte com o depósito de material de sorção não evaporável é então tratado com pelo menos uma solução ácida ou básica; e

[0025] - o suporte assim tratado é então introduzido no espaço interno de um dispositivo cuja operação requer a presença de um material de sorção não evaporável, ou é usado formar pelo menos uma porção da superfície que define o espaço interno do dito dispositivo, de uma tal maneira que o dito depósito está em contato com o dito espaço.

[0026] A invenção é baseada no reconhecimento dos inventores que os tratamentos químicos com soluções ácidas ou básicas (ou combinação em seqüência dos mesmos), contrariamente ao que é usualmente acreditado por aqueles especializados na técnica de materiais de sorção, não reduzem as

propriedades de sorção de gás do material, nem causam a perda de partículas a partir do depósito ou seu destacamento a partir do suporte, de modo que um material NEG pode ser sujeito a tratamentos químicos usados para a fabricação de alguns dispositivos em que o dito material é requerido, sem se recorrer a medidas da técnica anterior. Particularmente, os inventores determinaram que os tratamentos químicos com as ditas soluções não apenas não causam a perda de partículas a partir do material NEG nem causam sua separação a partir do suporte, mas, em alguns casos, permitem também melhorar as propriedades de sorção de gás do material.

[0027] A invenção será descrita em detalhe a seguir com referência aos desenhos anexados, nos quais:

[0028] - a figura 1 mostra uma parte de um suporte sobre o qual uma pluralidade de depósitos de material NEG está presente, os quais podem ser usados para fabricar uma pluralidade de dispositivos contendo o dito material;

[0029] - as figuras 2 e 3 mostram em seção transversal e em uma maneira extremamente esquemática duas possíveis formas de realização de dispositivos contendo um material NEG;

[0030] - as figuras 4 e 5 mostram gráficos representativos de características de sorção de gás de depósitos de NEG, sujeitos aos processos da invenção.

[0031] A invenção pode ser usada em todos os casos onde o processo de fabricação do dispositivo contendo o material NEG abrange o tratamento com soluções ácidas ou básicas da parte sobre a qual o dito material é depositado. Além disso, o processo da invenção pode ser usado para a ativação, pelo menos parcial, do material NEG; a ativação obtida por via química direta de acordo com o presente processo pode ser então opcionalmente seguida por um posterior tratamento adicional de ativação térmica.

[0032] Como mencionado anteriormente, a invenção é particularmente adequada a ser usada em processos de fabricação de dispositivos do tipo de MEMS, em que é realizada a ligação de pelo menos dois suportes, em um dos quais o material de sorção está presente. Os suportes usados nestes processos são fatias de silício,

vidro, quartzo ou cerâmica, chamadas de “lâminas” no campo, que têm geralmente uma espessura de cerca de 0,2-2 milímetros e diâmetros compreendidos entre cerca de 10 e 30 centímetros. Nestas lâminas são produzidas, com diferentes técnicas, as partes ativas do dispositivo MEMS e os depósitos de NEG. De cada lâmina são geralmente obtidas desde algumas centenas até alguns milhares de dispositivos. O material NEG pode ser depositado sobre o mesmo suporte no qual é construída (ou do qual é obtida) a parte ativa do dispositivo, que pode ser uma parte móvel ou um sensor de radiação eletromagnética. Todavia, o material NEG preferivelmente é depositado sobre o outro suporte, aquele usado para fechar o dispositivo (definido no campo como “fatia de tampa”), porque sobre esta parte existe mais espaço disponível e assim é possível depositar uma quantidade maior de material de sorção, e porque desta maneira não existem problemas de incompatibilidade entre a deposição do material de sorção e a presença da estrutura ativa. A figura 1 mostra uma parte de uma “lâmina de tampa” sobre a qual uma pluralidade de depósitos de NEG está presente: por simplicidade, esta lâmina de tampa é representada com algumas áreas diferentes da mesma em diferentes etapas de trabalho, mas obviamente nos processos reais todas as partes de sua superfície estarão sempre na mesma etapa de fabricação. A lâmina 10 tem uma superfície superior, 11, idealmente dividida em áreas 12, 12’,... (definidas na figura por linhas tracejadas), cada uma das quais será usada para formar o elemento de fechamento de um único MEMS; No centro de cada área 12, 12’,..., dentro de uma área 13, 13’,.... é obtido, por exemplo através de ataques químicos anisotrópicos, conhecidos no campo de semicondutores, um espaço vazio 14, definido por paredes laterais 15, 15’,..., e por uma parede de fundo 16. Em pelo menos um das paredes 15, 15’ ou 16, o depósito de material de sorção 17 é produzido; preferivelmente, o dito dispositivo é formado pelo menos sobre a parede de fundo 16, a qual é aquela que oferece a maior superfície; além disso, a técnica mais comum de deposição de material de sorção na fabricação de MEMS é pulverização, e a parede 16 é a mais conveniente para a dita deposição e é perpendicular à direção de chegada do material, de acordo com esta técnica. A lâmina de tampa finalizada 10, onde todos os espaços vazios 14 têm

internamente um depósito 17 de material de sorção, então é colocada sobre o suporte (não mostrado), sobre o qual os componentes ativos do MEMS são construídos, de uma tal maneira que os espaços vazios 14 definem a cavidade do dispositivo MEMS terminado, e que as paredes 15, 15',.... e 16 formam, junto com a superfície do outro suporte, as paredes da dita cavidade. A soldagem entre a lâmina de tampa 10 e o suporte sobre o qual os componentes ativos do MEMS estão presentes é realizada nas áreas 18, isto é, nas áreas periféricas de cada área 12, 12',...; a soldagem pode ser executada por qualquer método conhecido, por exemplo por meio de ligação anódica ou eutética.

[0033] O material de sorção usado pode ser qualquer material NEG conhecido, por exemplo um metal tal como zircônio, titânio, tântalo, nióbio, háfnio ou ítrio, ou ligas de pelo menos um destes metais (preferivelmente zircônio ou titânio) com um ou mais elementos selecionados dentre os metais de transição, terras raras e alumínio.

[0034] Como previamente dito, antes da ligação, áreas 18 têm que ser sujeitas a tratamentos químicos para sua limpeza. Na indústria de semicondutores são providos inúmeros banhos de lavagem das lâminas, cuja composição é padronizada e otimizada para obter efeitos específicos; estes banhos abrangem tanto soluções ácidas quanto básicas. Soluções de lavagem típicas são, por exemplo, aquelas denominadas SC1 e SC2, em que a lâmina é imersa em seqüência; a solução denominada SC1 é formada de uma parte (em volume) de hidróxido de amônio, uma parte de água oxigenada e cinco partes de água destilada, e usualmente é usada em temperaturas compreendidas entre cerca de 60 e 80 °C; a solução denominada SC2 é formada de uma parte de ácido hidrocloreto, uma parte de água oxigenada e seis partes de água destilada, e também neste caso ela é usada em temperaturas de cerca de 60-80 °C; após a lavagem com a solução SC2, e opcionalmente também entre as lavagens SC1 e SC2, o suporte geralmente é enxaguado com água destilada. A solução SC1 realiza um suave ataque químico da superfície da lâmina, removendo contaminantes orgânicos e partículas que aderem na dita superfície, enquanto a solução SC2 remove os contaminantes metálicos. Outra solução padrão

usada no campo é uma solução a 65 % em peso de ácido nítrico em água, a qual é usada em temperaturas compreendidas entre a temperatura ambiente e cerca de 120 °C, e também neste caso é seguida por enxágüe com água destilada. Outras lavagens padrão são com soluções aquosas de ácido hidrofúrico ou sulfúrico em diferentes concentrações; uma ampla descrição das diferentes soluções de lavagem usadas no campo, e seus efeitos sobre substratos, é dada no livro “Guia de Tecnologia de Fabricação de Semicondutores”, editado por Y. Nishi e R. Doering, publicado em 2000 por pelo Editor Marcel Dekker, Inc. (em particular, veja páginas 87-104).

[0035] De acordo com o processo da invenção, durante estas etapas de ataque químico, toda a superfície 11 da lâmina de tampa, bem como das paredes dos espaços vazios 14 isentas do material de sorção e do material de sorção propriamente dito, são sujeitas ao mesmo tratamento, sem a necessidade de mascaramento para a proteção temporária do material de sorção; isto permite se ter um simples, eficiente e econômico processo de fabricação. Tendo sido uma vez realizada a ligação entre a lâmina de tampa 10 e o suporte sobre o qual os componentes ativos do dispositivo MEMS são construídos, os dispositivos individuais podem ser separados por meio de corte ao longo das linhas tracejadas 19, 19',..., na figura 1.

[0036] A figura 2 mostra em seção e em uma maneira extremamente esquemática um dispositivo MEMS, o qual pode ser fabricado através do processo da invenção. O dispositivo 20 é formado por reunião de uma parte 21 e uma parte 22, unidas uma com a outra através de soldagem 23; cada uma destas duas partes se origina de um suporte de maior dimensão, e em particular a parte 22 se origina de um suporte do tipo 10 após ele ter sido cortado ao longo das linhas tracejadas da figura 1; o dito corte é preferivelmente realizado após a operação de soldagem dos dois suportes. Entre as partes 21 e 22 está presente uma cavidade 24, a qual pode estar sob vácuo ou contém uma atmosfera controlada; esta cavidade é definida por superfície 25 da parte 21, e por paredes 15, 15',... e 16, descritas com referência à figura 1. Sobre a parede 16 da parte 22 está o depósito de material de sorção 17;

finalmente, dentro da cavidade 24, a parte ativa 26 do dispositivo MEMS, é alojada. Por simplicidade, não são mostrados outros elementos que formam o dispositivo, tais como as alimentações elétricas que conectam a parte 26 ao exterior do dispositivo.

[0037] A figura 3 mostra um outro possível dispositivo MEMS, 30, produzido com o processo da invenção. Neste caso, tanto a parte ativa 31 quanto o depósito de material de sorção 32 são formados sobre a mesma parte de suporte 33, enquanto a parte 34 atua, neste caso, simplesmente como elemento de fechamento da cavidade 35; esta estrutura é, todavia, menos preferível que a da figura 2, uma vez que, como já dito, neste caso o espaço disponível para o depósito de material de sorção 32 é menor (com uma conseqüente reduzida capacidade de sorção de gás) e a produção de ambos depósito 32 e parte 31 sobre uma parte 33 do mesmo suporte é mais complexa.

[0038] A formação do depósito de material de sorção (17, 32) sobre um dos dois suportes pode ser executada de acordo com técnicas diferentes, por exemplo, por meio de evaporação; a técnica preferida é, em qualquer caso, pulverização, a qual é a técnica mais amplamente usada na fabricação industrial de dispositivos miniaturizados sobre suportes planares, e assim, também, de MEMS. A técnica de pulverização permite obter depósitos com uma espessura de frações de micrômetros (mícron, μm) até algumas dezenas de mícron, que tem uma adesão excelente ao substrato, sem perda de partículas. Com esta técnica, é também possível controlar (pelo menos dentro de certos limites) a morfologia do depósito, otimizando-o para a aplicação esperada; no caso de depósitos de material de sorção', por exemplo, é preferível ter uma morfologia colunar, a qual mostra uma elevada superfície específica (superfície por unidade de peso do depósito). Além disso, com esta técnica, é possível controlar, até um alto grau de precisão, também a posição lateral do depósito, assegurando que todos depósitos 17 ou 32 estejam sempre na mesma posição em cada dispositivo do tipo 20 ou 30.

[0039] O depósito de material de sorção 17 ou 32, mesmo se ele já foi ativado durante o tratamento com as soluções químicas de limpeza das superfícies dos dois

suportes, é submetido a uma outra ativação durante a ligação dos ditos suportes. Como já dito, todas operações de ligação implicam no aquecimento dos dois suportes para temperaturas de algumas centenas de graus Celsius; nestas temperaturas, todos os componentes dos dispositivos MEMS em fabricação liberam gases; a operação de ligação é usualmente realizada sob bombeamento, justamente para eliminar estes gases, mas durante a ligação os dois suportes estão necessariamente muito próximos, e na etapa final da ligação a cavidade do dispositivo é fechada e assim o bombeamento a partir do lado de fora é ineficaz. Tendo um dispositivo material de sorção ativo nesta etapa ajuda a se desfazer dos gases indesejáveis, potencialmente prejudiciais à aplicação. O processo da invenção, permitindo ter um material de sorção ativo desde o início verdadeiro desta operação, assegura uma melhor limpeza da atmosfera interna do dispositivo, porque ele aumenta o período de tempo em que o material de sorção pode desempenhar sua ação.

[0040] A invenção será adicionalmente ilustrada pelos seguintes exemplos.

EXEMPLO 1

[0041] Neste exemplo, é verificada a compatibilidade de um suporte com um depósito de material de sorção com o tratamento combinado com soluções SC1 e SC2.

[0042] Sobre três discos de silício de 2,5 cm de diâmetro, um depósito espesso de 2µm de espessura de uma liga constituída de zircônio, cobalto e Terras Raras, é produzido por meio de pulverização; o depósito é produzido iniciando de um alvo de liga St 787, revelada na patente US 5.961.750 em nome da depositante. A primeira amostra assim produzida não é mais tratada, e constitui a amostra de referência para este teste. A segunda amostra é imersa por 15 minutos em um banho de solução SC1 mantida em 80 °C, então levada para fora, enxaguada com água destilada e secada com um fluxo de nitrogênio seco. A terceira amostra é primeiramente imersa na solução SC1 e então na solução SC2, por um período de 15 minutos por cada banho, então enxaguada com água destilada e então secada com nitrogênio seco.

[0043] As três amostras de maneira que assim obtidas são inicialmente submetidas a uma análise visual no microscópio óptico para conferir a morfologia do depósito e o destacamento possível a partir do suporte; Este primeiro exame confirma que após os banhos SC1 e SC2 lá não existe destacamento do depósito a partir do suporte, e que as amostras tratadas com os ditos banhos não perdem partículas.

[0044] Subseqüentemente, as três amostras são reunidas em bancadas de vácuo e ativadas com um tratamento sob vácuo em 450 °C por 45 minutos; mais tarde, as amostras são permitidas se resfriarem para 25 °C e suas características de sorção de hidrogênio e monóxido de carbono (CO) são medidas, de acordo com o procedimento definido na norma ASTM F 798-82, com uma pressão de teste de 10^{-4} Pa. Os resultados dos seis testes são informados na figura 4 (em escala logarítmica dupla), como taxa de sorção de gás S (medida em cm^3 de gás sorvido por segundo e por centímetro quadrado de depósito) como uma função da quantidade de gás sorvida, Q (medido em cm^3 de gás sorvido multiplicado pela pressão de medida em hectoPascal, hPa, por centímetro quadrado de depósito); em particular, os gráficos 1, 2 e 3 na figura 4 são referidos à sorção de hidrogênio, respectivamente na amostra de referência, após o único tratamento com SC1 e após o tratamento com SC2, enquanto os gráficos 4-6 são referidos à sorção de CO na amostra de referência, após o tratamento com SC1 e após o tratamento com SC2.

EXEMPLO 2

[0045] Neste exemplo, é verificada a compatibilidade de um depósito de material de sorção sobre um suporte com o tratamento combinado com soluções aquosas de ácido nítrico em temperaturas diferentes por diferentes períodos de tempo.

[0046] Quatro amostras similares àquelas produzidas pelo exemplo 1 são preparadas. A primeira destas não é sujeita a qualquer tratamento e constitui a amostra de referência; a segunda amostra é imersa por 30 minutos em uma solução aquosa de HNO_3 a 65 % em peso na temperatura ambiente; a terceira amostra é imersa na mesma solução por 10 minutos em 60 °C; e a quarta amostra é imersa na mesma solução por 10 minutos em 120 °C.

[0047] Também neste caso as quatro amostras, após possível enxágüe e secagem com nitrogênio, são analisadas do ponto de vista do destacamento a partir do suporte e da perda de partículas, confirmando que os tratamentos em ácido nítrico não alteram estes dois parâmetros com respeito à amostra de referência.

[0048] As quatro amostras são então submetidas a testes de sorção de hidrogênio e monóxido de carbono, como descritos no exemplo 1. Os resultados dos testes são informados na figura 5, pois gráficos de 7 a 10 para sorção de hidrogênio pelas, respectivamente, amostras desde a primeira amostra até a quarta amostra são descritos; e os gráficos de 11 a 14 se referem à sorção de CO pelas quatro amostras (os gráficos 7 e 11 representam assim as propriedades das amostras de referência na sorção de hidrogênio e CO, respectivamente).

[0049] Como pode ser notado a partir dos gráficos informados na figura 4, enquanto o tratamento SC1 piora as características de sorção dos filmes de material de sorção tanto para hidrogênio quanto para CO, o tratamento subsequente com SC2 implica uma melhora, aumentando a sorção de hidrogênio para um valor que é cerca de três vezes aquele da amostra de referência, e aumentando a taxa e a capacidade de sorção de CO de cerca de uma ordem de magnitude. Todos os três tratamentos testados com ácido nítrico, em vez disto, dão origem a características de sorção tanto de hidrogênio quanto de CO comparáveis uma à outra, e também neste caso sensivelmente melhores que aquelas da amostra de referência.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para fabricação de um dispositivo que requer um material de sorção não evaporável para sua operação, caracterizado pelo fato de que abrange as seguintes etapas:

- um depósito de um material de sorção não evaporável (17; 32) é formado sobre um suporte (10);

- o suporte com o depósito de material de sorção não evaporável é então tratado com pelo menos uma solução ácida ou básica, para melhorar as características de sorção gasosa; e

- o suporte assim tratado é então introduzido no espaço interno de um dispositivo cuja operação requer a presença de um material de sorção não evaporável, ou é usado formar pelo menos uma porção da superfície que define o espaço interno do dito dispositivo (20; 30), de uma tal maneira que o dito depósito está em contato com o dito espaço.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita solução contém amônia.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita solução contém um ácido selecionado entre ácido clorídrico, ácido fluorídrico, ácido nítrico e ácido sulfúrico.

4. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o tratamento com solução ácida ou básica compreende um primeiro tratamento em uma solução básica de amônia e um segundo tratamento em uma solução ácida de ácido hidrolórico.

5. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo é um dispositivo miniaturizado mecânico, eletromecânico ou óptico.

6. Processo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o dito suporte é o suporte de fechamento (22) de um dispositivo miniaturizado mecânico ou eletromecânico.

7. Processo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de

que o dito suporte é o suporte (33) no qual o componente ativo de um dispositivo miniaturizado mecânico, eletromecânico ou óptico é construído.

8. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito material de sorção não evaporável é selecionado entre zircônio, titânio, tântalo, nióbio, háfnio e ítrio, ou ligas de pelo menos um destes metais com um ou mais elementos selecionados entre os metais de transição, Terras Raras e alumínio.

9. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito depósito material de sorção é formado por pulverização.

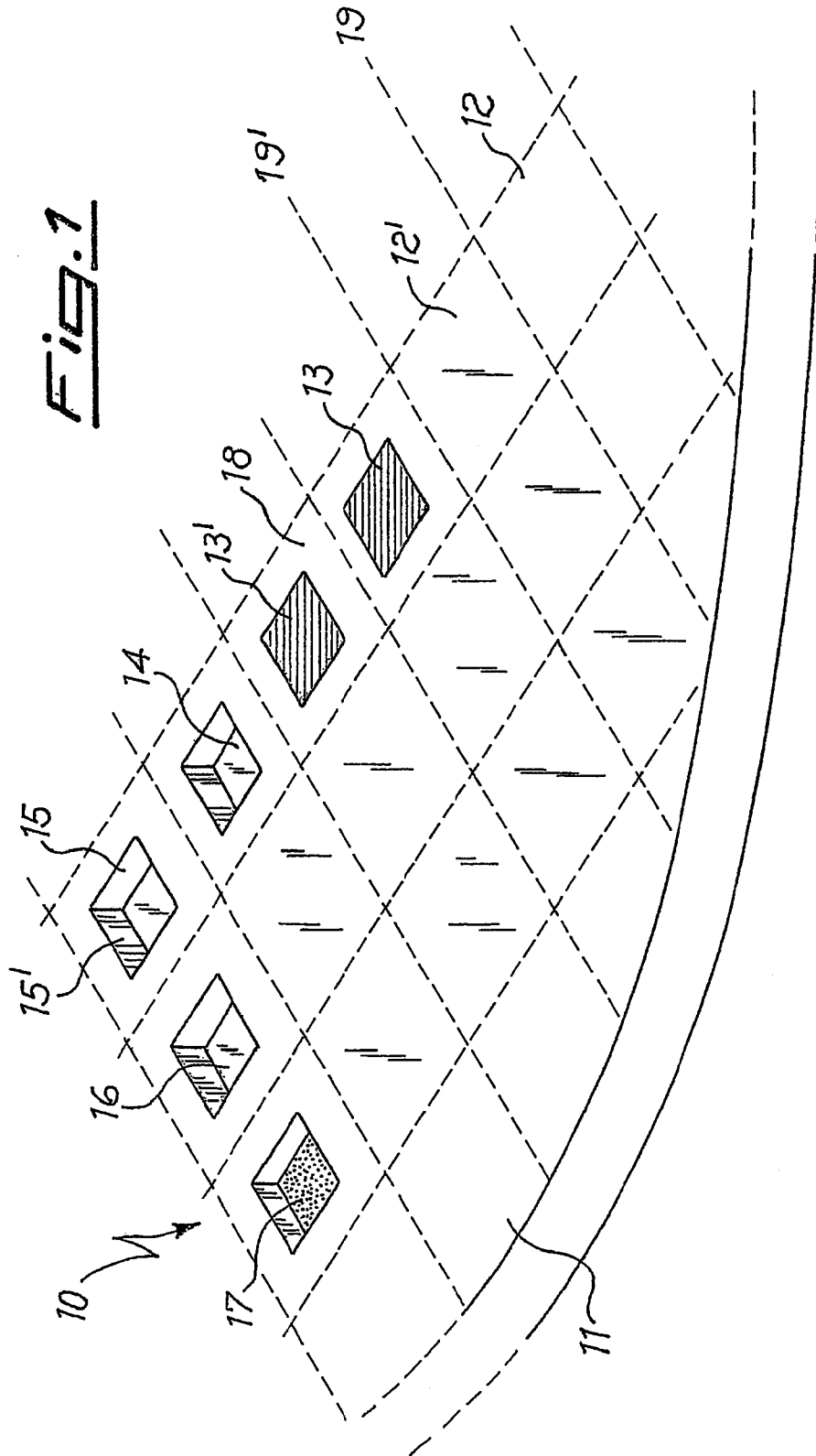
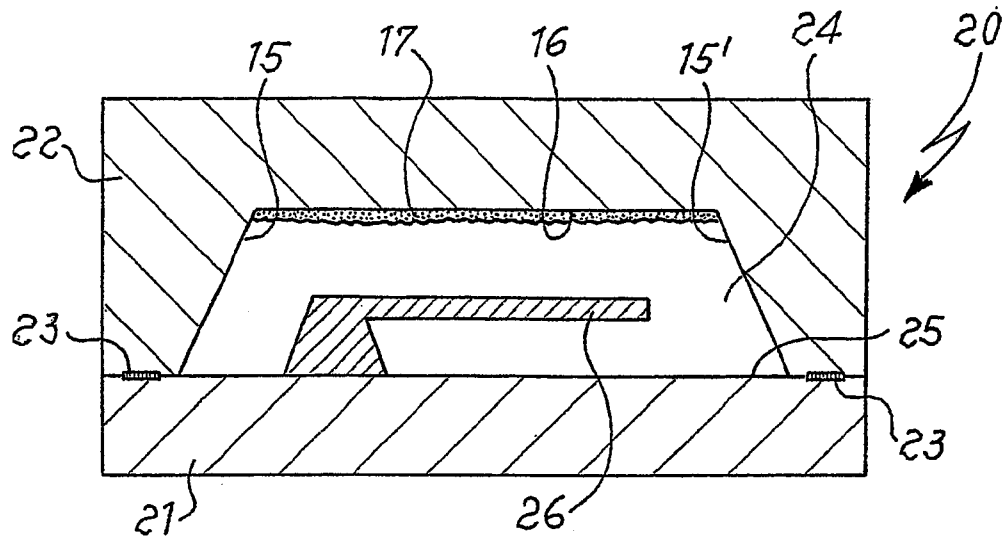
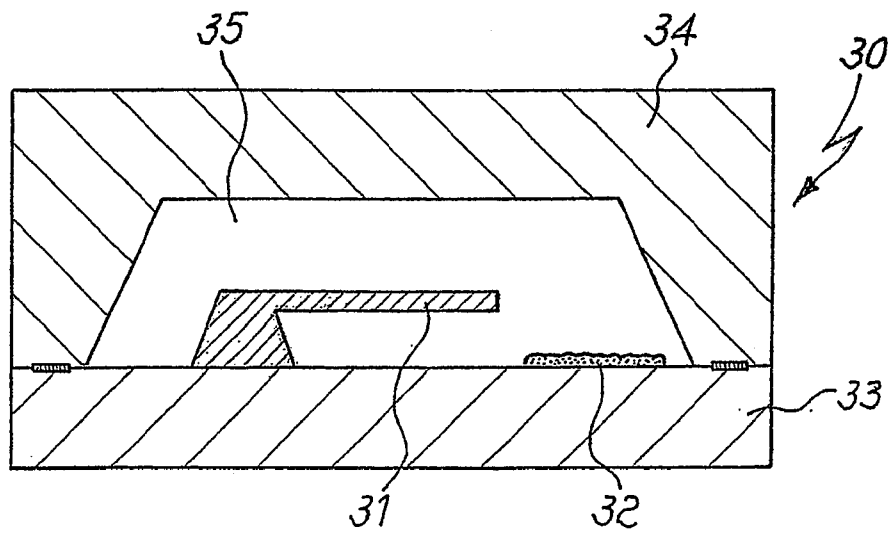
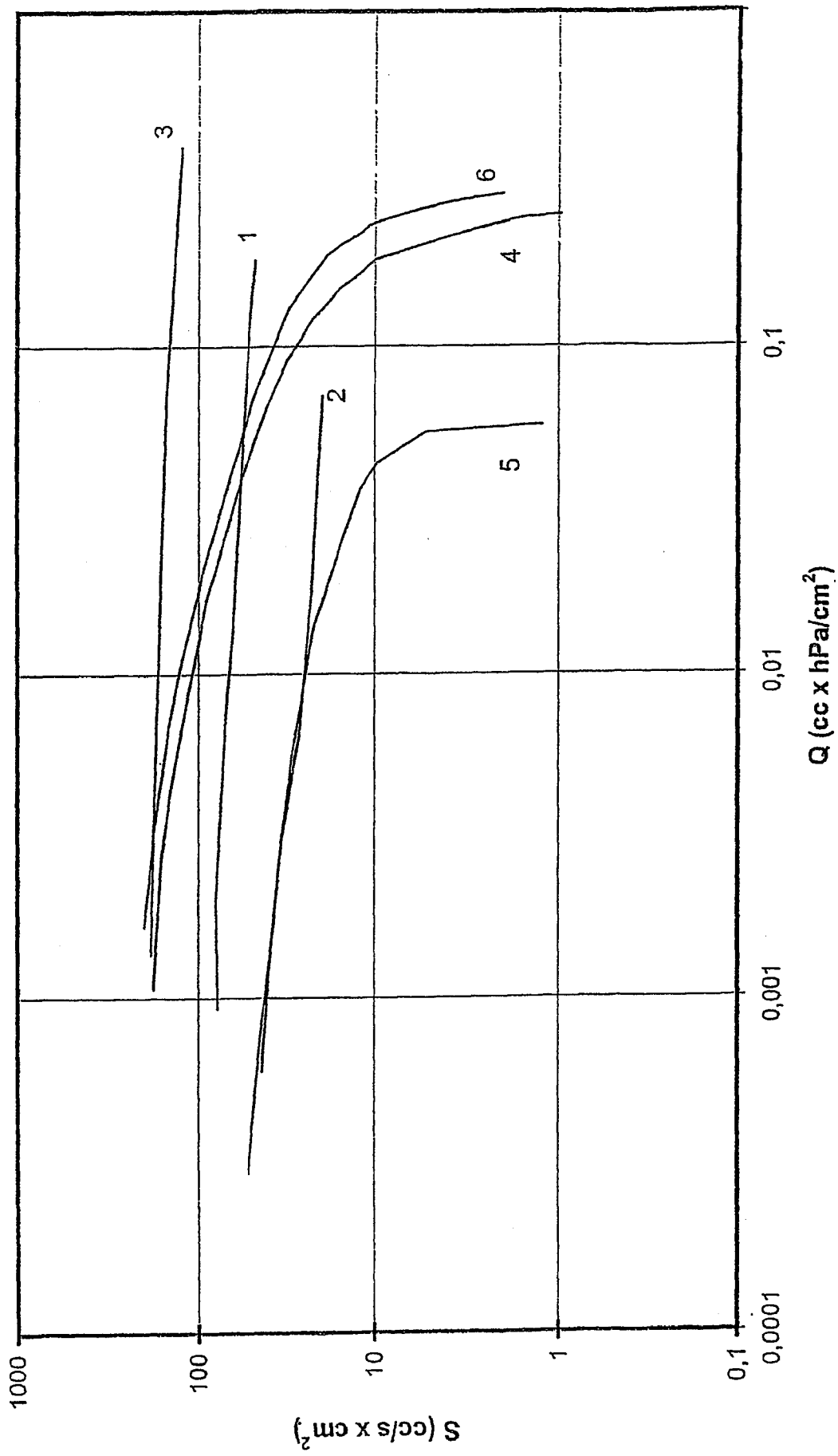
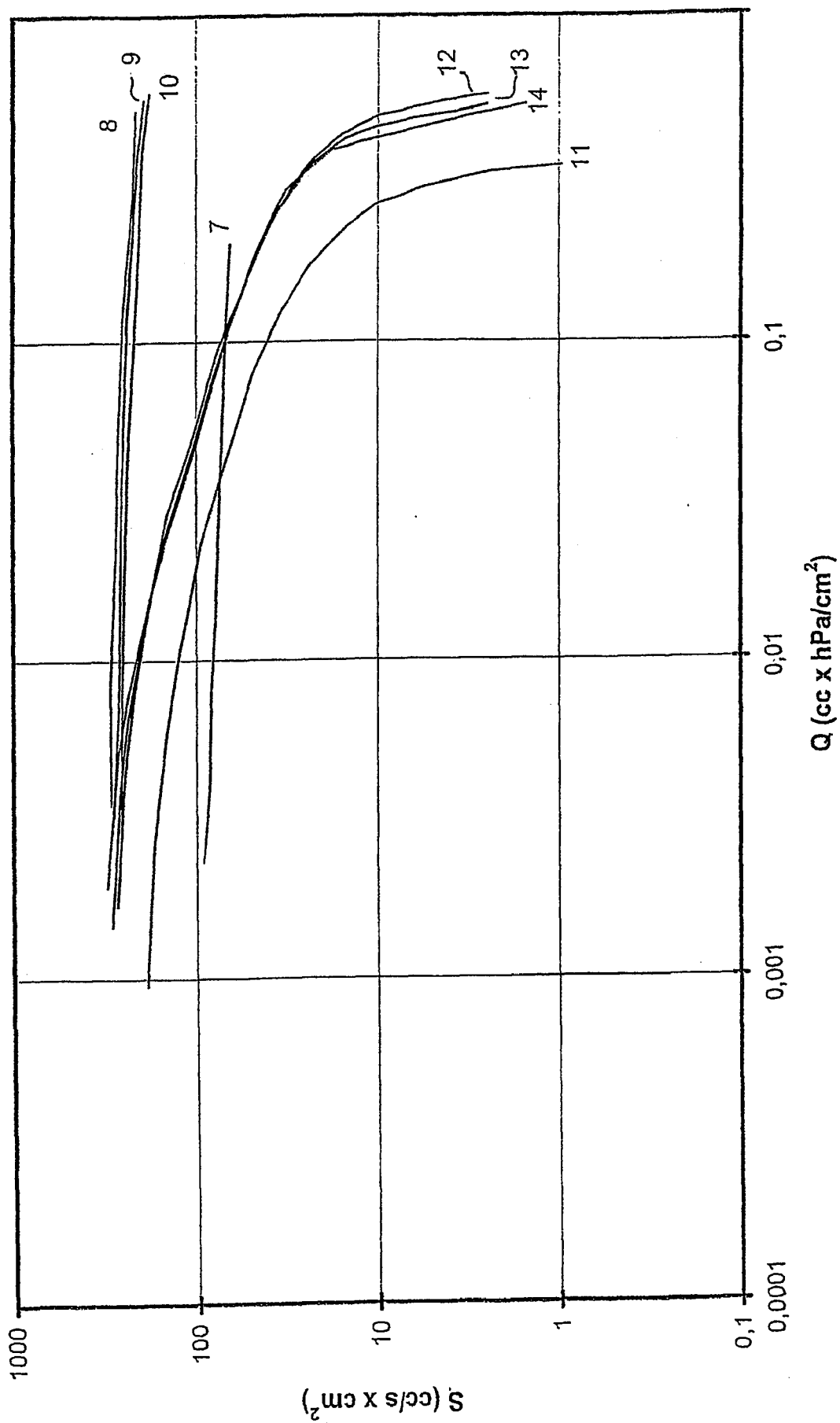


Fig. 2Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

RESUMO

“PROCESSO PARA FABRICAÇÃO DE UM DISPOSITIVO QUE REQUER UM MATERIAL DE SORÇÃO NÃO EVAPORÁVEL PARA SUA OPERAÇÃO”

É revelado um processo que permite simplificar a fabricação de dispositivos (20; 30) que contêm em seu interior um depósito de material de sorção não evaporável (17; 32) sobre um suporte (22; 33), o qual pode ser uma parede interna dos mesmos dispositivos. O processo compreende a operação de tratar o suporte com o material de sorção com pelo menos uma solução ácida ou básica.