



PI 03083195
PI 03083195

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0308319-5

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, 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 0308319-5

(22) Data do Depósito: 10/03/2003

(43) Data da Publicação do Pedido: 25/09/2003

(51) Classificação Internacional: B21K 11/00

(30) Prioridade Unionista: 11/03/2002 US 60/362,999; 03/12/2002 US 60/430,332

(54) Título: MÉTODO PARA FABRICAR UM DISPOSITIVO DE CORTE DE MATERIAL CRISTALINO E MÉTODO PARA FABRICAR UMA LÂMINA CIRÚRGICA DE MATERIAL CRISTALINO

(73) Titular: BEAVER-VISITEC INTERNATIONAL (US), INC., Sociedade Norte-Americana. Endereço: 272 East Deerpath Road, Suite 328, Lake Forest, IL 60045, Estados Unidos da América (US).

(72) Inventor: JOSEPH KEENAN; VADIM DASKAL; JAMES HUGHES

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 09/06/2015, observadas as condições legais.

Expedida em: 9 de Junho de 2015.

Assinado digitalmente por:

Júlio César Castelo Branco Reis Moreira
Diretor de Patentes



“MÉTODO PARA FABRICAR UM DISPOSITIVO DE CORTE DE MATERIAL CRISTALINO E MÉTODO PARA FABRICAR UMA LÂMINA CIRÚRGICA DE MATERIAL CRISTALINO”

Campo da Invenção

5 A invenção refere-se a um sistema e método para a fabricação de instrumentos cirúrgicos. Mais particularmente, a invenção refere-se a um sistema e método para a fabricação de lâminas de qualidade cirúrgica fabricadas de silício e outros materiais cristalinos. Matéria relacionada é revelada
10 em dois pedidos de patente provisória US copendentes, número de série 60/362.999, depositado em 11 de março de 2002, e número de série 60/430.332, depositado em 3 de dezembro de 2002, cujos conteúdos são expressamente incorporados aqui a título de referência.

15 Antecedentes da Invenção

Lâminas cirúrgicas existentes são fabricadas através de várias metodologias diferentes, cada método tendo suas próprias vantagens e desvantagens peculiares. O método de fabricação mais comum é esmerilhar mecanicamente aço inoxidável. A lâmina é subsequenteamente afiada (através de uma variedade de diferentes métodos como formação de pasta ultra-sônica, abrasão mecânica e polimento) ou é eletroquimicamente polida para obter um gume afiado. A vantagem desses métodos é que são processos econômicos, comprovados para
20 fabricar lâminas descartáveis em volume elevado. A maior desvantagem desses processos é que a qualidade de gume é variável, em que a obtenção de consistência de agudeza superior é ainda um desafio. Isto se deve principalmente a limitações inerentes do próprio processo. Os raios de gume de lâmina
25

podem variar de 30 nm a 1000 nm.

Um método relativamente novo de fabricação de lâmina emprega a cunhagem do aço inoxidável no lugar de esmerilhamento. A lâmina é subseqüentemente eletroquimicamente polida para obter um gume afiado. Verificou-se que esse processo é mais econômico do que o método de esmerilhamento. Verificou-se também que produz lâminas com melhor consistência de agudeza. A desvantagem desse método é que a consistência de agudeza é ainda inferior àquela obtida pelo processo de fabricação de lâmina de diamante. O uso de lâminas de metal em cirurgia de tecido mole é predominante hoje em dia devido a seu custo descartável e sua qualidade aperfeiçoada.

Lâminas de diamante são o padrão de ouro em agudeza em muitos mercados cirúrgicos, em especial no mercado de cirurgia oftálmica. Lâminas de diamante são conhecidas como sendo capazes de cortar de forma regular tecido mole com resistência mínima do tecido. O uso de lâminas de diamante também é desejável devido a sua agudeza consistente, corte após corte. A maioria dos cirurgiões com elevado volume utilizará lâminas de diamante uma vez que a agudeza final e variabilidade de agudeza de lâminas de metal é inferior àquela de diamante. O processo de fabricação utilizado para fabricar lâminas de diamante emprega um processo de polimento para obter um raio de gume intensamente afiado e consistente. Os raios de gume de lâmina resultantes variam de 5 nm a 30 nm. A desvantagem desse processo é que é lento e como resultado direto, o custo para fabricar essas lâminas de diamante

varia de \$500 a \$5000. Portanto, essas lâminas são vendidas para aplicações de reutilização. Esse processo é atualmente utilizado em outros materiais menos duros, como rubis e safiras, para obter a mesma agudeza em um custo menor. Entretanto, embora mais baratos do que diamantes, as lâminas de rubi e/ou safira de qualidade cirúrgica ainda apresentam a desvantagem do custo de fabricação ser relativamente elevado, variando de \$50 a \$500, e seus gumes duram somente aproximadamente duzentos casos. Portanto, essas lâminas são vendidas para aplicações de reutilização e reutilização limitada.

Houve algumas propostas para a fabricação de lâminas cirúrgicas utilizando silício. Entretanto, em uma forma ou outra, esses processos são limitados em sua capacidade de fabricar lâminas em diversas configurações e em um custo descartável. Muitas das patentes de lâmina de silício se baseiam em gravação anisotrópica de silício. O processo de gravação anisotrópica é um onde a gravação é altamente direcional, com diferentes taxas de gravação em diferentes direções. Esse processo pode produzir um gume afiado. Entretanto, devido à natureza do processo, é limitado pelos formatos da lâmina e ângulos de chanfro incluídos que podem ser obtidos. Processos de gravação anisotrópica de volume úmido, como aqueles que empregam hidróxido de potássio (KOH), banhos de etileno-diamina/pircatecol (EDP) e trimetil-2-hidróxido de hidroxetilamônio (TMAH), gravam ao longo de um plano cristalino específico para obter um gume afiado. Esse plano, tipicamente o plano (111) em silício $\langle 100 \rangle$, é inclinado em $54,7^\circ$ do plano de superfície nas pastilhas de silício. Isto

cria uma lâmina com um ângulo de chanfro incluído de $54,7^\circ$, que se verificou ser clinicamente inaceitável na maioria das aplicações cirúrgicas como demasiadamente obtuso. Essa aplicação é mesmo pior quando essa técnica é aplicada para fabricar lâminas de chanfro duplo, pois o ângulo de chanfro incluído é de $109,4^\circ$. O processo é adicionalmente limitado aos perfis de lâmina que pode produzir. Os planos de gravação são dispostos 90° entre si na pastilha. Portanto, somente lâminas com perfis retangulares podem ser produzidas.

Desse modo, existe necessidade de se fabricar lâminas que tratem das desvantagens dos métodos discutidos acima. Esse sistema e método da presente invenção podem fabricar lâminas com a agudeza de lâminas de diamante em custo descartável dos métodos de aço inoxidável. Além disso, o sistema e método da presente invenção podem produzir lâminas em volume elevado e com controle de processo rigoroso.

Sumário da Invenção

As desvantagens acima descritas são superadas e diversas vantagens são realizadas pela presente invenção que se refere a um sistema e método para a fabricação de lâminas cirúrgicas de um material cristalino ou poli-cristalino, como silício, que provê a usinagem de sulcos em uma pastilha cristalina ou poli-cristalina, por diversos meios, em qualquer ângulo de chanfro desejado ou configuração de lâmina. As pastilhas cristalinas ou poli-cristalinas usinadas são então imersas em uma solução de gravação isotrópica que remove uniformemente camada após camada de moléculas do material de pastilha, a fim de formar um gume de raio uniforme,

e de qualidade suficiente para aplicações em cirurgias de tecido mole. O sistema e método da invenção provê um meio muito barato para a fabricação de lâminas cirúrgicas de alta qualidade.

5 Portanto, é um objetivo da invenção fornecer um método para fabricação de uma lâmina cirúrgica, compreendendo as etapas de montar um silício ou outra pastilha cristalina ou poli-cristalina em um conjunto de montagem, usinar um ou mais sulcos em um primeiro lado da pastilha cristalina
10 ou poli-cristalina, gravar o primeiro lado da pastilha cristalina ou poli-cristalina para formar uma ou mais lâminas cirúrgicas, singularizar as lâminas cirúrgicas e montar as lâminas cirúrgicas.

 É um objetivo adicional da invenção fornecer um
15 método para fabricar uma lâmina cirúrgica, compreendendo as etapas de montar uma pastilha cristalina ou poli-cristalina em um conjunto de montagem, usinar um ou mais sulcos em um primeiro lado da pastilha cristalina ou poli-cristalina, revestir o primeiro lado da pastilha cristalina ou poli-
20 cristalina com um revestimento, desmontar a pastilha cristalina ou poli-cristalina do conjunto de montagem, e remontar o primeiro lado da pastilha cristalina ou poli-cristalina no conjunto de montagem, usinar um segundo lado da pastilha cristalina ou poli-cristalina, gravar o segundo lado da pas-
25 tilha cristalina ou poli-cristalina para formar uma ou mais lâminas cirúrgicas, singularizar as lâminas cirúrgicas, e montar as lâminas cirúrgicas.

 É ainda um objetivo adicional da invenção fornecer

um método para fabricar uma lâmina cirúrgica, compreendendo as etapas de montar uma pastilha cristalina ou policristalina em um conjunto de montagem, usinar um ou mais sulcos em um primeiro lado da pastilha cristalina ou policristalina, desmontar a pastilha cristalina ou policristalina do conjunto de montagem, e remontar o primeiro lado da pastilha cristalina ou policristalina no conjunto de montagem, usinar um segundo lado da pastilha cristalina ou policristalina, gravar o segundo lado da pastilha cristalina ou policristalina para formar uma ou mais lâminas cirúrgicas, converter uma camada do material cristalino ou policristalino para formar uma superfície endurecida, singularizar as lâminas cirúrgicas, e montar as lâminas cirúrgicas.

15 Breve descrição dos desenhos

As características e vantagens novas da presente invenção serão melhor entendidas mediante referência à descrição detalhada das modalidades preferidas que se segue, quando lida em combinação com os desenhos em anexo, nos quais:

20 A Figura 1 ilustra um diagrama de fluxo de um método para fabricação de uma lâmina cirúrgica de chanfro duplo de silício, de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção;

25 A Figura 2 ilustra um diagrama de fluxo de um método para fabricar uma lâmina cirúrgica de chanfro único de silício, de acordo com uma segunda modalidade da presente invenção;

A Figura 3 ilustra um diagrama de fluxo de um método alternativo para fabricar uma lâmina cirúrgica de chanfro único de silício de acordo com uma terceira modalidade da presente invenção;

5 A Figura 4 ilustra uma pastilha de silício montada em um conjunto de montagem, vista superior;

A Figura 5 ilustra uma pastilha de silício montada em um conjunto de montagem com fita, vista lateral;

10 A Figura 6 ilustra o uso de um jato de água laser para pré-corte de uma pastilha de silício para auxiliar na usinagem de sulcos na pastilha de silício de acordo com uma modalidade da presente invenção;

15 As Figuras 7A-7D ilustram configurações de lâmina de corte em cubos utilizadas para usinar sulcos em uma pastilha de silício de acordo com uma modalidade da presente invenção;

20 A Figura 8 ilustra a operação de uma lâmina de corte em cubos através de uma pastilha de silício montada em suporte de sustentação de acordo com uma modalidade da presente invenção;

As Figuras 8A-8C ilustram um uso de ranhuras ao usinar sulcos em uma pastilha de silício com uma lâmina de corte em cubos de acordo com uma modalidade da invenção;

25 A Figura 9 ilustra uma vista em seção transversal de uma lâmina de corte em cubos usinando um sulco em uma pastilha de silício que é montada com fita de acordo com uma modalidade da presente invenção;

As Figuras 10A e 10B ilustram uma lâmina cirúrgica

de silício com um gume de chanfro único e uma lâmina cirúrgica de silício com um gume de chanfro duplo respectivamente, feito de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A Figura 11 ilustra um diagrama de blocos de um sistema laser utilizado para usinar sulcos em uma pastilha de silício de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A Figura 12 ilustra um diagrama de blocos de um sistema de usinagem ultra-sônico utilizado para usinar sulcos em uma pastilha de silício de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A Figura 13 ilustra um diagrama de um sistema de forja a quente utilizado para formar sulcos em uma pastilha de silício de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A Figura 14 ilustra uma pastilha de silício com um único sulco usinado com um revestimento aplicado ao lado usinado de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A Figura 15 ilustra uma vista em seção transversal de uma lâmina de corte em cubos usinando um segundo sulco em uma pastilha de silício que é montada com fita de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A Figura 16 ilustra uma imagem em seção transversal de uma pastilha de silício que foi usinada com sulcos nos dois lados de acordo com uma modalidade da presente invenção;

As Figuras 17A e 17B ilustram um processo de gravação isotrópica executado em uma pastilha de silício com

sulcos usinados nos dois lados de acordo com uma modalidade da presente invenção;

As Figuras 18A e 18B ilustram um processo de gravação isotrópica em uma pastilha de silício com sulcos usinados nos dois lados, e uma camada de revestimento em um lado de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A Figura 19 ilustra um gume resultante de uma lâmina cirúrgica de silício de chanfro duplo com um revestimento em um lado fabricado de acordo com uma modalidade da presente invenção;

As Figuras 20A-20G ilustram diversos exemplos de lâminas cirúrgicas que podem ser fabricadas de acordo com o método da presente invenção;

As Figuras 21A e 21B ilustram uma vista lateral do gume da lâmina de uma lâmina cirúrgica de silício fabricada de acordo com uma modalidade da presente invenção, e uma lâmina cirúrgica de aço inoxidável, a 5.000X de ampliação, respectivamente;

As Figuras 22A e 22B ilustram uma vista superior do gume de lâmina de uma lâmina cirúrgica de silício fabricada de acordo com uma modalidade da presente invenção, e uma lâmina de aço inoxidável, a 10.000X de ampliação, respectivamente;

As Figuras 23A e 23B ilustram um processo de gravação isotrópica em uma pastilha de silício com um sulco usinado em um lado, e uma camada de revestimento em um lado oposto de acordo com uma modalidade adicional da presente invenção;

A Figura 24 ilustra uma montagem pós-ranhura de um cabo e uma lâmina cirúrgica fabricada de acordo com uma modalidade da invenção; e

5 As Figuras 25A e 25B ilustram perspectivas de perfil de um gume de lâmina fabricado de um material cristalino, e um gume de lâmina fabricado de um material cristalino que inclui um processo de conversão de camada de acordo com uma modalidade da invenção.

Descrição Detalhada das modalidades preferidas

10 As diversas características das modalidades preferidas serão descritas agora com referência às figuras dos desenhos, nas quais partes similares são identificadas com os mesmos caracteres de referência. A descrição que se segue do melhor modo atualmente considerado de pôr em prática a
15 invenção não deve ser tomada em um sentido limitador, porém é fornecida simplesmente para fins de descrever os princípios gerais da invenção.

O sistema e método da presente invenção prevêm a fabricação de lâminas cirúrgicas a serem utilizadas para in-
20 cisão em tecido mole. Embora a modalidade preferida seja mostrada como sendo uma lâmina cirúrgica, inúmeros dispositivos de corte também podem ser fabricados de acordo com os métodos discutidos em detalhe abaixo. Portanto, será evidente para uma pessoa versada na arte da invenção que embora
25 seja feita referência a "lâminas cirúrgicas" em toda essas discussões, inúmeros outros tipos de dispositivos de corte podem ser fabricados, incluindo por exemplo, giletes médicas, lancetas, agulhas hipodérmicas, cânula para coleta de

amostra e outros dispositivos afiados médicos.

O material de base preferido do qual as lâminas serão fabricadas é silício cristalino com uma orientação de cristal preferida. Entretanto, outras orientações de silício são apropriadas, bem como outros materiais que podem ser isotropicamente gravados. Por exemplo, pastilhas de silício com orientação $\langle 110 \rangle$ e $\langle 111 \rangle$ também podem ser utilizados, bem como pastilhas de silício dopado em diversos níveis de teor de oxigênio e resistividade. Além disso, pastilhas feitas de outros materiais podem ser utilizadas, como nitreto de silício e arsenieto de gálio. A forma de pastilha é o formato preferido para o material de base. Além de materiais cristalinos, materiais poli-cristalinos também podem ser utilizados para fabricação de lâminas cirúrgicas. Os exemplos desses materiais poli-cristalinos incluem silício policristalino. Será subentendido que o termo "cristalino" como aqui utilizado será utilizado para se referir a materiais tanto cristalinos como poli-cristalinos.

Portanto, será evidente a uma pessoa versada na arte da invenção que embora seja feita referência a "pastilhas de silício" em todas essas discussões, quaisquer dos materiais acima mencionados em combinação com diversas orientações podem ser utilizados de acordo com as diversas modalidades da presente invenção, bem como outros materiais apropriados e orientações que poderão se tornar disponíveis.

A Figura 1 ilustra um diagrama de fluxo de um método para fabricação de uma lâmina cirúrgica de chanfro duplo de silício de acordo com uma primeira modalidade da pre-

sente invenção. O método das figuras 1, 2 e 3 descreve genericamente processos que podem ser utilizados para fabricar lâminas cirúrgicas de silício de acordo com a presente invenção. Entretanto, a ordem das etapas do método ilustrado nas figuras 1, 2 e 3 pode variar para criar lâminas cirúrgicas de silício de critérios diferentes, ou atender ambientes de fabricação diferentes. Como tal, o método das figuras 1, 2 e 3 pretende ser representativo de modalidades gerais do método de acordo com a presente invenção, em que há muitas permutações diferentes que incluem as mesmas etapas que podem resultar em uma lâmina cirúrgica de silício fabricada de acordo com o espírito e âmbito da presente invenção.

O método da figura 1 é utilizado para fabricar uma lâmina cirúrgica de chanfro duplo, de preferência com um material cristalino como silício, de acordo com uma modalidade da invenção, e começa com a etapa 1002. Na etapa 1002, a pastilha de silício é montada no conjunto de montagem 204. Na figura 4, a pastilha de silício 202 é mostrada montada em uma montagem de fita UV/armação de pastilha (conjunto de montagem) 204. O conjunto de montagem 204 é um método comum de manipular material de pastilha de silício na indústria de semicondutor. Uma pessoa versada na arte pode apreciar que a montagem da pastilha de silício (cristalino) 202 sobre um conjunto de montagem de pastilha 204 não é necessária para a fabricação de lâminas cirúrgicas de acordo com as modalidades preferidas da invenção.

A Figura 5 ilustra a mesma pastilha de silício 202 montada na mesmo conjunto de montagem 204 porém em uma vista

lateral (esquerda ou direita; é simétrica, embora esse não necessite ser o caso). Na figura 5, a pastilha de silício 202 é montada na fita 308 que é então montada no conjunto de montagem 204. A pastilha de silício 202 tem um primeiro lado 5 304 e um segundo lado 306.

Com referência novamente à figura 1, a etapa de decisão 1004 segue a etapa 1002. A etapa de decisão 1004 determina se um pré-corte opcional deve ser feito na pastilha de silício 202, na etapa 1006, se assim desejado. Esse pré-10 corte pode ser executado por um jato de água laser 402, como mostrado na figura 6. Na figura 6, o jato de água laser 402 é mostrado orientando feixe de laser 404 para sobre a pastilha de silício 202, que é montada no conjunto de montagem 204. Como pode ser visto na figura 6, diversos orifícios de pré-corte (ou fidúcias de furo direto) 406 podem ser criados 15 na pastilha de silício 202 como resultado do impacto do feixe de laser 404 com a pastilha de silício 202.

A pastilha de silício 202 é removida pelo feixe de laser 404 sobre a pastilha de silício 202. A capacidade do 20 feixe de laser 404 em remover a pastilha de silício 202 está relacionada ao comprimento de onda do laser λ . Na modalidade preferida, que utiliza uma pastilha de silício, o comprimento de onda que fornece os melhores resultados é 1064 nanômetros, tipicamente fornecido por um laser YAG, embora outros 25 tipos de laseres também possam ser utilizados. Se um material cristalino ou policristalino diferente for utilizado, então outros comprimentos de onda e tipos de laser serão mais apropriados.

As fidúcias de furo direto resultantes, 406 (uma pluralidade de furos pode ser cortada desse modo) podem ser utilizadas como guias para usinagem de sulcos (discutida em detalhe com relação à etapa 1008 abaixo), em especial se uma lâmina de corte em cubos for para ser utilizada a fim de usinar os sulcos. Fidúcias de furo direto 406 podem ser também cortadas por qualquer feixe laser (por exemplo, um laser de excímero ou jato de água de laser 402) para a mesma finalidade. As fidúcias de furo direto pré-cortados são tipicamente cortadas no formato de um "+" positivo ou um círculo. Entretanto, a escolha de formato de fidúcia de furo direto é dirigida pelas ferramentas de fabricação específicas e meio ambiente, e desse modo não necessita ser limitada apenas aos dois formatos acima mencionados.

Além do uso de um feixe laser para pré-cortar fidúcias de furo direto, outros métodos de usinagem mecânica também podem ser utilizados. Esses incluem, por exemplo, porém não são limitados a, ferramentas de perfuração, ferramentas de esmerilhamento mecânicas e uma ferramenta de usinagem ultra-sônica 100. Embora o uso dos dispositivos seja novo com relação às modalidades preferidas da invenção, os dispositivos e seu uso geral são bem conhecidos daqueles versados na arte.

O pré-corte pode ser realizado na pastilha de silício 202 antes da usinagem dos sulcos a fim de que a pastilha de silício 202 mantenha sua integridade e não se separe durante o processo de gravação. Um feixe laser (por exemplo um jato de água laser 402 ou laser de excímero) pode ser u-

utilizado para rolar em ranhuras de furo direto elípticas para a lâmina de corte em cubos 502 (discutida em detalhe com referência às figuras 7A-7C) para começar a usinagem dos sulcos na pastilha de silício 202 em seu perímetro. Os dispositivos e métodos de usinagem mecânica (discutidos acima) utilizados para criar as fidúcias de furo direto também podem ser utilizados para criar as ranhuras de furo direto.

Com referência novamente à figura 1, a próxima etapa é a etapa 1008, que pode seguir a etapa 1006 (se fidúcias de furo direto 406 forem cortadas em pastilha de silício 202), ou etapas 1002 e 1004, que é a etapa de montagem de pastilha de silício ("etapa" 1004 não é uma etapa de fabricação física; essas etapas de decisão são incluídas para ilustrar o processo de fabricação total e suas variâncias). Na etapa 1008, sulcos são usinados no primeiro lado 304 da pastilha de silício 202. Há vários métodos que podem ser utilizados para usinar os sulcos, dependendo das condições de fabricação e do desenho desejado do produto de lâmina cirúrgica de silício, acabado.

Os métodos para usinagem podem empregar uma lâmina de corte em cubos, sistema laser, uma ferramenta de usinagem ultra-sônica ou um processo de forja quente. Outros métodos para usinagem também podem ser utilizados. Cada um será discutido por sua vez. O sulco que é usinado por qualquer um desses métodos provê o ângulo (ângulo chanfro) da lâmina cirúrgica. À medida que a máquina de sulco opera na pastilha de silício 202, o material de silício é removido, no formato da lâmina de corte em cubos, no padrão formado pelo laser de

excímero, ou no padrão formado por uma ferramenta de usinagem ultra-sônica, no formato desejado da pré-forma de lâmina cirúrgica. No caso de uma lâmina de corte em cubos, as lâminas cirúrgicas de silício terão somente bordas retas; nos
5 dois métodos mencionados por último, as lâminas podem ser essencialmente de qualquer formato desejado. No caso de um processo de forja quente, a pastilha de silício é aquecida para torná-la maleável, a seguir prensada entre duas matrizes, cada uma tendo uma forma tridimensional dos sulcos de-
10 sejados a serem "moldados" na pastilha de silício maleável, aquecida. Para fins dessa discussão, "usinagem" de sulcos abrange todos os métodos de fabricação de sulcos em uma pastilha de silício, incluindo aqueles mencionados especificamente, por uma lâmina de corte em cubos, laser de excímero, máquina ultra-sônica ou um processo de forja quente, e méto-
15 dos equivalentes não mencionados. Esses métodos de usinagem dos sulcos serão discutidos agora em detalhe.

As Figuras 7A-7D ilustram configurações de lâmina de corte em cubos utilizadas para usinar sulcos em uma pastilha de silício de acordo com uma modalidade da invenção.
20 Na figura 7A, a primeira lâmina de corte em cubos 502 exibe o ângulo Φ que será essencialmente o ângulo resultante da lâmina cirúrgica após conclusão do processo inteiro de fabricação. A figura 7B ilustra a segunda lâmina de corte em
25 cubos 504, com duas superfícies de corte inclinadas, cada uma apresentando um ângulo de corte Φ . A figura 7C ilustra a terceira lâmina de corte em cubos 506 que tem também o ângulo de corte Φ , porém tem uma configuração levemente dife-

rente do que aquela da primeira lâmina de corte em cubos 502. A figura 7D ilustra uma quarta lâmina de corte em cubos 508 com duas superfícies de corte inclinadas, similares à figura 7B, cada uma apresentando um ângulo de corte Φ .

5 Embora cada uma das lâminas de corte em cubos 502, 504, 506 e 508 ilustradas nas figuras 7A-7D tenham o mesmo ângulo de corte Φ , será evidente para uma pessoa versada na arte que o ângulo de corte pode ser diferente para usos diferentes das lâminas cirúrgicas à base de silício. Além disso, como será discutido abaixo, uma única lâmina cirúrgica de silício pode ter diferentes gumes com diferentes ângulos incluídos nos mesmos. A segunda lâmina de corte em cubos 504 pode ser utilizada para aumentar a capacidade de fabricação para um desenho específico de uma lâmina cirúrgica à base de silício, ou produzir lâminas cirúrgicas de silício que têm dois ou três gumes. Diversos exemplos de desenhos de lâmina serão discutidos em detalhe com referência às figuras 20A-20G. Em uma modalidade preferida da invenção, a lâmina de corte em cubos será uma lâmina de serra de limadura de dia-
10
15
20 mante.

 Uma lâmina de corte em cubos especial é utilizada para usinar canais no primeiro lado 304 da pastilha de silício 202. A composição de lâmina de corte em cubos é especificamente escolhida para fornecer o melhor acabamento superficial resultante enquanto mantém vida de desgaste aceitável. O gume da lâmina de corte em cubos é moldado com um perfil que moldará o canal resultante em pastilha de silício 202. Esse formato será correlacionado à configuração de
25

chanfro de lâmina resultante. Por exemplo, lâminas cirúrgicas incluíram tipicamente ângulos chanfro que variam de 15° a 45° para lâminas de chanfro único e ângulos chanfro metade incluídos que variam de 15° a 45° para lâminas de chanfro duplo. A seleção de uma lâmina de corte em cubos em combinação com condições de gravação provê controle preciso de ângulo de chanfro.

A Figura 8 ilustra a operação de uma lâmina de corte em cubos através de uma pastilha de silício montada no apoio de sustentação de acordo com uma modalidade da invenção. A figura 8 ilustra a operação de uma máquina de lâmina de corte em cubos que está usinando sulcos no primeiro lado 304 da pastilha de silício 202. Nesse exemplo, qualquer uma das lâminas de corte em sulcos das figuras 7A-7D (502, 504, 506 ou 508) pode ser utilizada para criar os gumes de lâmina cirúrgica à base de silício. Também deve ser subentendido que as configurações da lâmina das figuras 7A-7D não são as únicas possíveis configurações que podem ser criadas para lâminas de corte em cubos. A figura 9 ilustra uma vista em seção transversal de uma lâmina de corte em cubos usinando um sulco em uma pastilha de silício que é montada com fita de acordo com uma modalidade da invenção. A figura 9 ilustra uma vista em seção transversal de close up da mesma montagem de lâmina de corte em cubos mostrada na figura 8 efetivamente penetrando na pastilha de silício 202. Pode ser visto que a lâmina de corte em cubos 502 não penetra todo o caminho através da pastilha de silício 202, porém, para um corte de chanfro único, penetra aproximadamente 50-90% da espessura

da pastilha de silício 202. Isto se aplica a qualquer método utilizado para usinagem (ou moldagem, através de forja quente) de um sulco de chanfro único. Para um corte de chanfro duplo por qualquer lâmina de corte em cubos, ou, qualquer um dos métodos de usinagem, aproximadamente 25-49% da espessura da pastilha de silício 202 será usinada (ou moldada) em cada lado da pastilha de silício 202. As figuras 10A e 10B ilustram uma lâmina cirúrgica de silício com um gume de chanfro único e uma lâmina cirúrgica de silício com um gume de chanfro duplo respectivamente, feito de acordo com uma modalidade da invenção.

Como discutido acima, ranhuras podem ser também cortadas na pastilha de silício 202, em especial se uma lâmina de corte em cubos for utilizada para usinar os sulcos. As ranhuras podem ser cortadas na pastilha de silício 202 em um modo similar às fidúcias de furo direto, isto é, com o jato de água laser ou laser de excímero, porém servem a uma finalidade muito diferente. Lembre que as fidúcias de furo direto são utilizadas pela máquina de sulco a fim de posicionar de forma precisa a pastilha de silício 202 na máquina de sulco. Isto é especialmente útil ao fabricar lâminas de chanfro duplo, porque a segunda usinagem (no lado oposto da pastilha de silício 202) deve ser precisamente posicionada para assegurar uma lâmina de chanfro duplo adequadamente fabricada. As ranhuras, entretanto, são utilizadas para uma finalidade diferente. As ranhuras permitem que a lâmina de corte em cubos comece o corte da pastilha de silício 202 no sentido oposto ao gume (como mostrado na figura 8), sem las-

car ou quebrar a pastilha de silício 202. Essa é a modalidade preferida, como mostrado na figura 8A. Com referência à figura 8, é evidente que se ranhuras não forem utilizadas, e os sulcos forem usinados como mostrado, a pastilha de silício usinada 202 será suscetível à quebra ao longo dos sulcos usinados porque a pastilha de silício é significativamente mais fina naquelas áreas, e pequenas tensões podem fazer com que a mesma se quebre. Isto é, a pastilha de silício usinada da figura 8 não tem rigidez estrutural. Compare esta com a pastilha de silício da figura 8C. A pastilha de silício usinada 202 da figura 8C é muito mais rígida e leva a rendimento aperfeiçoado de fabricação. Um número menor de pastilhas de silício 202 usinadas de acordo com a figura 8C quebrarão em relação aquelas da figura 8. Como mostrado nas figuras 8A e 8B, a ranhura é feita mais larga do que a lâmina de corte em cubos, e longa o suficiente para permitir que a lâmina de corte em cubos seja inserida na mesma para começar a usinagem na profundidade adequada. Portanto, a lâmina de corte em cubos não tenta cortar a pastilha de silício 202 enquanto está se movendo para baixo, o que causa estilhaçamento e quebra; a lâmina de corte em cubos começa a cortar quando está se movendo em um modo horizontal, como foi projetado para fazer. A figura 8C ilustra uma série de ranhuras e sulcos usinados em um primeiro lado de uma pastilha de silício 202.

A Figura 11 ilustra um diagrama de blocos de um sistema a laser utilizado para usinar sulcos em uma pastilha de silício de acordo com uma modalidade da invenção. Os sul-

cos também podem ser ultra-sonicamente usinados como descrito com referência a figura 12, discutida em detalhes abaixo. A vantagem desses dois métodos é que as lâminas podem ser fabricadas com perfis de gume não lineares e complexos, por exemplo lâminas crescentes, lâminas de colher, e lâminas de escleratoma. A figura 11 ilustra uma montagem de máquina laser simplificada 900. A montagem de máquina laser 900 compreende um laser 902, o qual emite um feixe de laser 904, e um mecanismo de controle de multi-eixos 906 o qual apoia na base 908. Evidentemente, a montagem de máquina laser 900 também pode compreender um computador, e possivelmente uma interface de rede, os quais foram omitidos para clareza.

Ao usinar sulcos com a montagem de máquina laser 900, a pastilha de silício 202 é montada no conjunto de montagem 204 que também é adaptável para ser manipulada por mecanismo de controle de multi-eixos 906. Através do uso da montagem de usinagem a laser 900 e diversas técnicas de mascarar feixe de luz, um conjunto de perfis de lâminas pode ser usinado. A máscara de feixe de luz é localizada próximo ao laser 902, e através de desenho cuidadoso, evita que laser 902 remova o material de silício onde não é pretendido. Para lâminas de chanfro duplo, o lado oposto é usinado do mesmo modo utilizando os chanfros pré-cortados 206A, 206B ou fidúcias 406 para alinhamento.

O laser 902 é utilizado para usinar de forma acurada e precisa padrões de sulco (também mencionados como um "perfil de ablação" em referência ao uso de um laser) no primeiro lado 304 ou segundo lado 306 da pastilha de silício

202 em preparação da etapa de gravação isotrópica úmida (que é discutida em detalhes com referência à figura 1, etapa 1018). O controle de multi-eixos e o uso de máscaras de feixe de luz laser internas são utilizados para desenhar os perfis de ablação acima mencionadas na pastilha de silício 202. Como resultado, um sulco com contorno é obtido o qual tem inclinações de ângulo raso que correspondem àquela que é necessária para o produto de lâmina cirúrgica. Diversos padrões de perfil curvilíneo podem ser obtidos através desse processo. Há vários tipos de lasers que podem ser utilizados nessa etapa de usinagem. Por exemplo, um laser de excímero ou jato de água de laser 402 podem ser utilizados. O comprimento de onda do laser de excímero 902 pode variar entre 157 nm e 248 nm. Outros exemplos incluem um laser YaG e lasers com um comprimento de onda de 355 nanômetros. Evidentemente, uma pessoa versada na arte pode apreciar que feixes de laser com certos comprimentos de onda compreendidos na faixa de 150 nm a 11.000 nm podem ser utilizados para usinar padrões de sulco.

20 A Figura 12 ilustra um diagrama de blocos de um sistema de usinagem ultra-sônica utilizado para usinar sulcos em uma pastilha de silício de acordo com uma modalidade da presente invenção. A usinagem ultra-sônica é executada utilizando uma ferramenta ultra-sônica de usinagem precisa 104 que é então utilizada para usinar, com pasta abrasiva 102, o primeiro lado 304 ou o segundo lado 306 da pastilha de silício 202. A usinagem é feita em um lado de cada vez. Para lâminas de chanfro duplo, o lado oposto é usinado do

mesmo modo utilizando as fidúcias de furo direto 406 para alinhamento.

A usinagem ultra-sônica é utilizada para usinar de forma acurada e precisa padrões de sulco na superfície da
5 pastilha de silício 202 em preparação para a etapa de gravação isotrópica úmida. A usinagem ultra-sônica é executada vibrando ultra-sonicamente um mandril/ferramenta (ferramenta) 104. A ferramenta 104 não entra em contato com a pastilha de silício 202, porém está em proximidade estreita da
10 pastilha de silício 202 e excita a pasta abrasiva 102 pela operação de ondas ultra-sônicas emitidas pela ferramenta 104. As ondas ultra-sônicas emitidas pela ferramenta 104 forçam a pasta abrasiva 102 a causar erosão na pastilha de silício 202 no padrão correspondente que é usinado na ferramenta 104.
15

A ferramenta 104 é usinada, através de laminação, esmerilhamento ou usinagem de descarga eletrostática (EDM), para criar o padrão de sulco. O padrão resultante na pastilha de silício usinada 202 corresponde àquele que foi usinado na ferramenta 104. A vantagem de utilizar um método de usinagem ultra-sônica em relação a um laser de excímero é que um lado inteiro de pastilha de silício 202 pode ter inúmeros padrões de sulco de lâmina ultra-sonicamente usinados ao mesmo tempo. Desse modo, o processo é rápido e relativamente barato. Além disso, como o processo de usinagem a laser de excímero, diversos padrões de perfil curvilíneo podem ser obtidos através desse processo.
20
25

A Figura 13 ilustra um diagrama de um sistema de

forja quente utilizado para formar sulcos em uma pastilha de silício de acordo com uma modalidade da invenção. As configurações de sulco também podem ser forjadas a quente na superfície da pastilha. Esse processo emprega aquecer a pastilha até uma condição maleável. As superfícies da pastilha são subseqüentemente prensadas entre duas matrizes que incorporam o padrão negativo àquele dos sulcos resultantes.

A pastilha de silício 202 é pré-aquecida em uma câmara de calor, ou pode ser aquecida totalmente pela operação de elemento de base aquecido 1054, sobre o qual a pastilha de silício 202 assenta. Após decorrer tempo suficiente em temperaturas elevadas, a pastilha de silício 202 tornar-se-á maleável. A seguir, a matriz aquecida 1052 é forçada para baixo sobre a pastilha de silício 202 com pressão suficiente para imprimir a imagem negativa de matriz aquecida 1052 no primeiro lado 304 da pastilha de silício 202. O desenho da matriz 1052 pode ser tal que há inúmeros sulcos de diversos ângulos de chanfro, profundidades, comprimentos e perfis, a fim de criar virtualmente qualquer desenho de lâmina imaginável. O diagrama ilustrado na figura 13 é muito simplificado e exagerado para mostrar claramente os aspectos pertinentes do processo de forja quente.

Tendo discutido os vários métodos para usinagem de sulcos, a atenção é novamente dirigida para a figura 1. Após a etapa 1008, na qual os sulcos são usinados no primeiro lado 304 da pastilha de silício 202, deve-se tomar uma decisão, na etapa de decisão 2001, com relação a se deve se revestir a pastilha de silício 202. A figura 14 ilustra uma

pastilha de silício com um único sulco usinado com um revestimento aplicado ao lado usinado, de acordo com uma modalidade da presente invenção. Se um revestimento deve ser aplicado, então o revestimento 1102 pode ser aplicado ao primeiro lado 304 da pastilha de silício 202 na etapa 2002 de acordo com uma das muitas técnicas conhecidas daqueles versados na arte da invenção. O revestimento 1102 é fornecido para facilitar o controle de gravação e fornecer resistência adicional ao gume resultante da lâmina. A pastilha de silício 202 é colocada em uma câmara de depósito onde o primeiro lado inteiro 304 da pastilha de silício 202 - incluindo a área plana e a área com sulcos - é revestida com uma camada fina de nitreto de silício (Si_3N_4). A espessura do revestimento resultante 1102 pode variar de 10 nm a 2 microns. O revestimento 1102 pode ser compreendido de qualquer material que seja mais duro do que a pastilha de silício (cristalina) 202. Especificamente, o revestimento 1102 pode ser também compreendido de nitreto de titânio (TiN), nitreto de titânio alumínio (AlTiN), dióxido de silício (SiO_2), carbeto de silício (SiC), carbeto de titânio (TiC), nitreto de boro (BN) ou cristais semelhantes a diamante (DLC). Os revestimentos para lâminas cirúrgicas de chanfro duplo serão discutidos em maior detalhe abaixo, com referência às figuras 18A e 18B.

Após aplicação do revestimento 1102 na etapa opcional 2002, a etapa seguinte é a etapa 2003, desmontagem e remontagem (etapa 2003 também pode seguir a etapa 1008 se não foi aplicado revestimento). Na etapa 2003, a pastilha de silício 202 é desmontada da fita 308 utilizando a mesma má-

quina de montagem padrão. A máquina desmonta a pastilha de silício 202 pela irradiação de luz ultravioleta (UV) sobre a fita sensível a UV 308 a fim de reduzir sua pegajosidade. Fita com liberação de calor ou baixa pega também pode ser utilizada no lugar de fita sensível a UV 308. Após exposição à luz UV suficiente, a pastilha de silício 202 pode ser facilmente levantada da montagem de fita. A pastilha de silício 202 é então remontada, com o segundo lado 306 voltado para cima, na preparação para usinar sulcos no segundo lado 306.

A etapa 2004 é então executada em pastilha de silício 202. Na etapa 2004, sulcos são usinados no segundo lado 306 da pastilha de silício 202, como foi feito na etapa 1006, a fim de criar lâminas cirúrgicas à base de silício de chanfro duplo. A figura 15 ilustra uma vista em seção transversal de uma lâmina de corte em cubos 502 usinando um segundo sulco na pastilha de silício 202 que é montado em fita, de acordo com uma modalidade da invenção. Evidentemente, laser de excímero 902, ferramenta de máquina ultra-sônica 100 ou processo de forja a quente também podem ser utilizados para usinar o segundo sulco na pastilha de silício 202. Na figura 15, a lâmina de corte em cubos 502 é mostrada usando um segundo sulco no segundo lado 306 da pastilha de silício 202. O revestimento 1102 é mostrado tendo sido opcionalmente aplicado na etapa 2002. As figuras 10A e 10B mostram os cortes de chanfro único e duplo resultantes, respectivamente. Na figura 10A um único corte foi feito na pastilha de silício 202 resultando no ângulo de corte Φ em uma

montagem de lâmina única. Na figura 10B, um segundo sulco foi usinado na pastilha de silício 202 (por qualquer um dos processos de usinagem de sulco acima mencionados) com o mesmo ângulo que o primeiro sulco. O resultado é uma lâmina cirúrgica à base de silício com chanfro duplo, com cada gume apresentando um ângulo de corte de Φ , fornecendo um ângulo de chanfro duplo de 2Φ . A figura 16 ilustra uma imagem em seção transversal de uma pastilha de silício que foi usinada com sulcos nos dois lados, de acordo com uma modalidade da invenção.

Após a etapa de usinar sulcos 2004, deve-se tomar uma decisão na etapa de decisão 2005, com relação a se deve se gravar a pastilha de silício usinada com sulcos, dupla 202 na etapa 1018, ou cortar a pastilha de silício usinada com sulcos dupla 202 na etapa 1016. A etapa de corte em cubos 1016 pode ser executada por uma lâmina de corte em cubos, feixe laser (por exemplo um laser de excímero, ou jato de água a laser 402). Corte em cubos provê a gravação das tiras resultantes (na etapa 1018) em dispositivos personalizados no lugar de barcos de pastilha (discutidos em detalhe abaixo).

As Figuras 17A e 17B ilustram um processo de gravação isotrópica executado em uma pastilha de silício com sulcos usinados nos dois lados, de acordo com uma modalidade da presente invenção. Na etapa de gravação 1018, a pastilha de silício usinada 202 é desmontada da fita 308. A pastilha de silício 202 é então colocada em um barco de pastilha e imerso em um banho de ácido isotrópico 1400. A temperatura,

concentração e agitação do meio de gravação 1402, são controladas para maximizar a uniformidade do processo de gravação. O meio de gravação isotrópico preferido 1402 utilizado compreende ácido fluorídrico, ácido nítrico, e ácido acético (HNA). Outras combinações e concentrações podem ser utilizadas para obter a mesma finalidade. Por exemplo, água pode ser permutada pelo ácido acético. Gravação por pulverização, gravação por gás difluoreto de xenônio isotrópico, e gravação eletrolítica, no lugar de gravação por imersão também podem ser utilizados para obter os mesmos resultados. Outro exemplo de um composto que pode ser utilizado em gravação a gás é hexafluoreto de enxofre, ou outros gases fluorados similares.

O processo de gravação gravará uniformemente os dois lados da pastilha de silício 202 e seus respectivos sulcos até que os perfis de sulco opostos intersectem. A pastilha de silício 202 será imediatamente removida do meio de gravação 1402 e enxaguada após isso ocorrer. O raio de gume esperado obtido por esse processo varia de 5 nm a 500 nm.

A gravação química isotrópica é um processo que é utilizado para remover silício em um modo uniforme. No processo de fabricação de acordo com uma modalidade da presente invenção, o perfil da superfície de pastilha que foi produzido com a usinagem descrita acima é uniformemente trazido para baixo para intersectar com o perfil no lado oposto da pastilha (se lâminas de chanfro único são desejadas, a superfície de pastilha de silício oposta não usinada será intersectada). A gravação isotrópica é utilizada a fim de ob-

ter a agudeza de lâmina desejada enquanto preserva o ângulo de lâmina. As tentativas para intersectar os perfis de pastilha por usinagem apenas falham porque a geometria de borda desejada é demasiadamente delicada para resistir às forças 5 térmica e mecânica de usinagem. Cada um dos componentes acídicos do meio de gravação isotrópico (meio de gravação) 1402 tem uma função específica no banho de ácido isotrópico 1400. Primeiramente, o ácido nítrico oxida o silício exposto, e em segundo lugar, ácido fluorídrico remove o silício oxidado. O 10 ácido acético atua como um diluente durante esse processo. O controle preciso da composição, temperatura e agitação é necessário para obter resultados repetíveis.

Na Figura 17A a pastilha de silício 202, sem revestimento 1102, foi colocada no banho de gravação isotrópico 1400. Observe que cada lâmina cirúrgica, primeira lâmina 15 cirúrgica 1404, segunda lâmina cirúrgica 1406, e terceira lâmina cirúrgica 1408, são conectadas entre si. À medida que o meio de gravação 1402 trabalha no silício, uma camada após a outra de moléculas é removida com o passar do tempo, diminuindo a largura do silício (isto é, a lâmina cirúrgica) até 20 que os dois ângulos, 1410 e 1412 (da primeira lâmina cirúrgica 1404), intersectem no ponto onde são unidos à lâmina cirúrgica seguinte (segunda lâmina cirúrgica 1406). O resultado é que várias lâminas cirúrgicas (1404, 1406 e 1408) são 25 formadas. Observe que os mesmos ângulos foram mantidos por todo processo de gravação isotrópica, exceto que menos material de silício permanece porque o mesmo foi dissolvido pelo meio de gravação 1402.

As Figuras 18A e 18B ilustram um processo de gravação isotrópica em uma pastilha de silício com sulcos usinados nos dois lados, e uma camada de revestimento em um lado, de acordo com outra modalidade da presente invenção. Nas 5 figuras 18A e 18B, a fita 308 e revestimento 1102 foram deixadas na pastilha de silício 202 de modo que o processo de gravação atua somente sobre o segundo lado 306 da pastilha de silício 202. Não é necessário que a pastilha seja montada na fita durante o processo de gravação; essa é somente uma 10 opção de fabricação. Novamente, o material de gravação isotrópica 1402 trabalha sobre a pastilha de silício exposta, 202, somente, removendo material de silício (uma camada após a outra), porém mantendo o mesmo ângulo que foi usinado na etapa 2004 (porque esse é o segundo lado 306). Como resultado, na figura 18B, lâminas cirúrgicas à base de silício 1504, 1506 e 1508 têm o mesmo ângulo que foi usinado nas etapas 1008 e 2004, no primeiro lado 304, devido à fita 308 e revestimento opcional 1102, e no segundo lado 306, porque o meio de gravação isotrópico 1402 remove camadas uniformes de 20 moléculas de silício ao longo da superfície de sulco usinado. O primeiro lado 304 da pastilha de silício 202 não foi gravado, fornecendo resistência adicional à lâmina cirúrgica à base de silício, acabada.

Outro benefício de utilizar a etapa opcional 2002, 25 aplicando revestimento 1102 ao primeiro lado 304 da pastilha de silício 202, é que o gume (o primeiro lado de sulco usinado) é composto do revestimento 1102 (que é preferivelmente compreendido de uma camada de nitreto de silício) que possui

propriedades de material mais fortes do que o material de silício de base. Portanto, o processo de aplicar revestimento 1102 resulta em um gume que é mais forte e mais durável. O revestimento 1102 também provê uma barreira a desgaste à superfície da lâmina que pode ser desejável para lâminas que entram em contato com aço em dispositivos de lâmina de movimento alternado eletromecânicos. A Tabela I ilustra especificações típicas indicadoras de resistência de uma lâmina cirúrgica à base de silício fabricada sem revestimento 1102 (silício) e com revestimento 1102 (nitreto de silício).

TABELA I

Propriedade	Silício	Nitreto de silício
Módulo de Young (GPa)	160	323
Resistência à deformação (GPa)	7	14

O Módulo de Young (também conhecido como o módulo de elasticidade) é uma medição de uma rigidez inerente de material. Quanto mais elevado o módulo, mais rígido o material. A resistência à deformação é o ponto no qual um material, sob carga, fará a transição de deformação elástica para plástica. Em outras palavras, é o ponto no qual o material não mais flexionará, porém permanentemente empenará ou quebrará. Após gravação (com ou sem revestimento 1102), a pastilha de silício gravada 202 é vigorosamente enxaguada e limpa para remover todos os produtos químicos de meio de gravação residual 1402.

A Figura 19 ilustra um gume resultante de uma lâmina cirúrgica de silício de chanfro duplo com um revestimento em um lado fabricado de acordo com uma modalidade da

presente invenção. O gume 1602 tem tipicamente um raio de 5 a 500 nanômetros que é similar àquele de uma lâmina cirúrgica de diamante, porém fabricado em custo bem menor. Após o processo de gravação da etapa 1018 ter sido realizado, lâmi-
5 nas cirúrgicas à base de silício podem ser montadas de acordo com a etapa 1020, que é igual às etapas de montagem 1002 e etapa 2003.

Após a etapa de montagem 1020, as lâminas cirúrgicas à base de silício (lâminas de silício) podem ser singularizadas na etapa 1022, o que significa que cada lâmina de
10 silício é cortada através do uso de uma lâmina de corte em cubos, feixe laser (por exemplo, jato de água laser 402 ou um laser de excímero), ou outro meio apropriado para separar as lâminas de silício entre si. Como uma pessoa versada na
15 arte pode apreciar, lasers com certos comprimentos de onda compreendidos na faixa de 150 nm a 11.000 também podem ser utilizados. Um exemplo de um laser nessa faixa de comprimento de onda é um laser de excímero. A singularidade do jato de água laser (um laser YAG) é que ele pode rolar padrões
20 interrompidos, curvilíneos na pastilha. Isto provê ao fabricante a flexibilidade de fazer virtualmente um número ilimitado de perfis de lâmina não de gume. O jato de água laser utiliza uma corrente de água como um guia de onda que permite ao laser cortar como uma serra de fita. Isto não pode ser
25 obtido com as máquinas de corte em cubos do estado da arte, que, como mencionado acima, podem somente cortar em padrões de linha reta, contínua.

Na etapa 1024 as lâminas de silício cirúrgicas singularizadas são pegas e colocadas em montagens de cabo de lâmina, de acordo com os desejos específicos dos clientes. Antes da ação de "pegar e colocar" efetiva, entretanto as

5 pastilhas de silício gravadas 202 (sendo montadas na fita e armação ou em uma armação de fita/pastilha) são radiadas por luz ultravioleta (UV) na máquina de montagem de pastilha para reduzir a pegajosidade da fita 308. Pastilhas de silício 202, ainda na armação e fita de "pegajosidade reduzida", ou

10 armação de pastilha/fita, são então carregadas em um sistema de montagem de fixação de matriz comercialmente disponível. Lembre de que acima foi discutido que a ordem de certas etapas pode ser trocada de acordo com diversos ambientes de fabricação. Um tal exemplo são as etapas de singularização e

15 irradiação por luz UV: essas etapas podem ser trocadas se necessário.

O sistema de montagem de fixação de matriz removerá as lâminas cirúrgicas de silício gravadas individuais da armação de pastilha/fita ou pastilha e fita de "pegajosidade

20 reduzida", e fixará as lâminas cirúrgicas de silício em seus respectivos suportes na tolerância desejada. Um epóxi ou adesivo será utilizado para montar os dois componentes. Outros métodos de montagem podem ser utilizados para fixar a lâmina cirúrgica de silício em seu respectivo substrato, in-

25 cluindo repuxo a calor, repuxo ultra-sônico, soldagem ultra-sônica, soldagem a laser ou ligação eutética. Por último na etapa 1026, as lâminas cirúrgicas totalmente montadas com cabos, são embaladas para assegurar esterilidade e seguran-

ça, e transportadas para uso de acordo com o projeto da lâmina cirúrgica de silício.

Outro método de montagem que pode ser utilizado para montar a lâmina cirúrgica em seu suporte envolve outro uso de ranhuras. Ranhuras, como discutido acima, podem ser criadas pelo jato de água a laser ou laser de excímero, e foram utilizadas para fornecer uma abertura para a lâmina de corte em cubos a fim de engatar a pastilha de silício 202 ao usinar sulcos. Um uso adicional de ranhuras pode ser para fornecer um receptáculo na lâmina para um ou mais montantes em um suporte. A figura 24 ilustra tal arranjo. Na figura 24, a lâmina cirúrgica acabada 2402 tem duas ranhuras 2404a, 2404b criadas em sua região de interface de suporte 2406. Essas interfaceiam com os montantes 2408a, 2408b do suporte de lâmina 2410. As ranhuras podem ser cortadas na pastilha de silício 202 em qualquer ponto no processo de fabricação, porém de preferência podem ser feitas antes da singularização das lâminas cirúrgicas. Antes de ser interfaceada, um adesivo pode ser aplicado nas áreas apropriadas, assegurando uma retenção hermética. Então, a cobertura 2412 pode ser colada como mostrado, para fornecer uma aparência acabada ao produto final. A finalidade de implementar a montagem pós-ranhura é que provê resistência adicional a qualquer força de tração que a lâmina 2402 poderia encontrar durante um procedimento de corte.

Tendo descrito o processo de fabricação para uma lâmina cirúrgica à base de silício de chanfro duplo, a atenção é dirigida à figura 2, que ilustra um diagrama de fluxo

de um método para fabricar uma lâmina cirúrgica de chanfro único de silício de acordo com uma segunda modalidade da presente invenção. As etapas 1002, 1004, 1006, 1008 da figura 1 são iguais para o método ilustrado na figura 2, e portanto não serão repetidas. Entretanto, o método para fabricar uma lâmina cirúrgica de chanfro único difere na próxima etapa, etapa 1010, do método de fabricação de uma lâmina de chanfro duplo, e portanto, será discutida em detalhes.

Após a etapa 1008 a etapa de decisão 1010 determina se a pastilha de silício usinada 202 será desmontada do conjunto de montagem de pastilha de silício, 204. Se as pastilhas de silício de sulco único 202 forem para ser desmontadas (na etapa 1012), então uma opção adicional é cortar em cubos as pastilhas de sulco único na etapa 1016. Na etapa de desmontagem opcional 1012, a pastilha de silício 202 é montada da fita 308 utilizando a mesma máquina de montagem padrão.

Se a pastilha de silício 202 fosse desmontada na etapa 1012, então opcionalmente a pastilha de silício 202 pode ser cortada em cubos (isto é, pastilha de silício 202 cortada em tiras) na etapa 1016. A etapa de cortar em cubos 1016 pode ser executada por uma lâmina de corte em cubos, laser de excímero 902, ou jato de água a laser 402. O corte em cubos fornece as tiras resultantes para serem gravadas (na etapa 1018) em dispositivos personalizados no lugar de barcos de pastilha (discutidos em detalhe abaixo). Após a etapa de corte em cubos 1016, a etapa de desmontagem em 1012, ou a etapa de usinar sulcos em 1008, a próxima etapa

no método para fabricação de uma lâmina cirúrgica à base de silício de chanfro único é a etapa 1018. A etapa 1018 é a etapa de gravação, que já foi discutida em detalhe acima. Posteriormente, as etapas 1020, 1022, 1024 e 1026 se seguem, 5 todas as quais foram descritas em detalhe acima com referência à fabricação de uma lâmina cirúrgica à base de silício de chanfro duplo, e portanto não necessitam ser discutidas novamente.

A Figura 3 ilustra um diagrama de fluxo de um método alternativo para fabricação de uma lâmina cirúrgica de chanfro único de silício de acordo com uma terceira modalidade da presente invenção. O método ilustrado na figura 3 é idêntico àquele ilustrado na figura 2, através das etapas 1002, 1004, 1006, 1008. Após a etapa 1008 na figura 3, 10 entretanto, há a etapa de revestimento 2002. A etapa de revestimento 2002 foi descrita acima com referência à figura 1, e não necessita ser discutida em detalhes novamente. O resultado da etapa de revestimento é igual ao que foi descrito anteriormente: o lado usinado de pastilha de silício 202 tem 15 uma camada 1102 sobre o mesmo. 20

Após a etapa de revestimento 2002, a pastilha de silício 202 é desmontada e remontada na etapa 2003. Essa etapa também é idêntica ao que foi previamente discutido com referência à figura 1 (etapa 2003). O resultado é que o lado 25 revestido de pastilha de silício 202 é voltado para baixo no conjunto de montagem 204. Posteriormente, as etapas 1018, 1020, 1022, 1024 e 1026 ocorrem, todas as quais foram descritas em detalhe acima. O resultado líquido é uma lâmina

cirúrgica de chanfro único, com o primeiro lado 304 (lado usinado dotado de uma camada de revestimento 1102 para melhorar a resistência e durabilidade da lâmina cirúrgica. As figuras 23A e 23B ilustram e descrevem a lâmina cirúrgica
5 revestida de chanfro único em maior detalhe.

As Figuras 23A e 23B ilustram um processo de gravação isotrópica em uma pastilha de silício com um sulco usinado em um lado, e uma camada de revestimento em um lado oposto de acordo com uma modalidade adicional da presente
10 invenção. Como descrito acima, a pastilha de silício 202 tem revestimento 1102 aplicado ao primeiro lado 304 que é então montado sobre a fita 308, desse modo entrando em contato estreito com a mesma, como mostrado na figura 23A. A pastilha de silício 202 é então colocada no banho 1400, que contém o
15 meio de gravação 1402, como discutido em detalhe acima. O meio de gravação 1402 começa a gravar o segundo lado 306 ("lado superior") de pastilha de silício 202, removendo uma camada após a outra de moléculas de silício. Após um período de tempo, a pastilha de silício 202 tem sua espessura redu-
20 zida pelo meio de gravação 1402 até que o segundo lado 306 entre em contato com o primeiro lado 304 e revestimento 1102. O resultado é uma lâmina cirúrgica á base de silício de chanfro único revestida com nitreto de silício. Todas as vantagens acima mencionadas de se ter um gume de lâmina de
25 nitreto de silício (ou revestido) se aplicam igualmente a esse tipo de lâmina como mostrado e discutido com referência às figuras 18A, 18B e 19.

As Figuras 20A-20G ilustram diversos exemplos de lâminas cirúrgicas à base de silício que podem ser fabricadas de acordo com o método da presente invenção. Diversos desenhos de lâmina podem ser fabricados utilizando esse processo. As lâminas com chanfros únicos, chanfros duplos simétricos e assimétricos, e gumes curvilíneos podem ser produzidos. Para chanfros únicos, a usinagem é apenas executada em um lado da pastilha. Diversos perfis de lâmina podem ser feitas, como talhadeira de borda única (figura 20A), talhadeira de três bordas (figura 20B), fendilhado, duas bordas agudas (figura 20C), fendilhado, quatro bordas agudas (figura 20D), facada, uma borda aguda (figura 20E), ceratoma, uma borda aguda (figura 20F), e borda aguda curvilínea, crescente (figura 20G). Os ângulos de perfil, larguras, comprimentos, espessuras, e ângulos de chanfro podem ser variados com esse processo. Esse processo pode ser combinado com fotolitografia tradicional para produzir mais variações e características.

As Figuras 21A e 21B ilustram uma vista lateral de uma lâmina cirúrgica de silício fabricada de acordo com uma modalidade da invenção, e uma lâmina cirúrgica de aço inoxidável a 5.000X de ampliação, respectivamente. Observe a diferença entre as figuras 21A e 21B. A figura 21A é muito mais lisa e mais uniforme. As figuras 22A e 22B ilustram vista superiores do gume da lâmina de uma lâmina cirúrgica de silício fabricada de acordo com uma modalidade da invenção e uma lâmina de aço inoxidável, a 10.000X de ampliação, respectivamente. Novamente, a diferença entre a figura 22A e

figura 22B é que a primeira, resultado do método de acordo com uma modalidade da invenção, é muito mais suave e mais uniforme do que a lâmina de aço inoxidável da figura 22B.

As Figuras 25A e 25B ilustram perspectivas de perfil de um gume de lâmina feito de um material cristalino, e um gume de lâmina feito de um material cristalino que inclui um processo de conversão de camada de acordo com uma modalidade da invenção. Em outra modalidade da invenção, é possível converter quimicamente a superfície do material de substrato em um material novo 2504 após gravação da pastilha de silício. Essa etapa pode ser também conhecida como uma etapa de "oxidação térmica, conversão de nitreto" ou "conversão de carbeto de silício da superfície de silício". Outros compostos podem ser criados dependendo de quais elementos são permitidos interagir com o material de lâmina/substrato. O benefício de converter a superfície da lâmina em um composto do material de substrato é que o novo material/superfície pode ser selecionado de tal modo que se crie um gume mais duro. Porém ao contrário de um revestimento, o gume da lâmina mantém a geometria e agudeza da etapa pós gravação. Observe que na figura 25A e 25B, a profundidade da lâmina de silício não foi alterada devido ao processo de conversão; "D1" (a profundidade da lâmina de silício apenas) é igual a "D2" (a profundidade da lâmina de silício com uma camada de conversão 2504).

Com referência à figura 1, após a etapa 1018 uma decisão é tomada para converter a superfície (etapa de decisão 1019). Se uma camada de conversão for para ser adiciona-

da (trajetória "Sim" da etapa de decisão 1019), uma camada de conversão é adicionada na etapa 1021. O método então prossegue para a etapa 1020. Se nenhuma camada de conversão for para ser adicionada (trajetória "Não" da etapa de decisão 1019), o método prossegue para a etapa 1020. O processo de conversão requer fornos de temperatura elevada ou difusão. O substrato é aquecido a vácuo ou em um ambiente inerte a uma temperatura em excesso de 500°C. Gases selecionados são dosados para dentro do forno em concentrações controladas e como resultado da elevada temperatura eles se difundem no silício. À medida que eles se difundem no silício eles reagem com o silício para formar um novo composto. Uma vez que o novo material é criado pela difusão e reação química com o substrato em vez de aplicar um revestimento, a geometria original (agudeza) da lâmina de silício é preservada. Um benefício adicional do processo de conversão é que o índice de refração óptica da camada convertida é diferente daquele do substrato de modo que a lâmina parece ser colorida. A cor depende tanto da composição do material convertido como de sua espessura.

Um material de substrato de cristal único que foi convertido na superfície também apresenta resistência a desgaste e fratura superior do que uma lâmina não convertida. Pela mudança da superfície para um material mais duro a tendência do substrato em formar locais de iniciação de rachadura e clivar ao longo de planos cristalinos é reduzida.

Um exemplo adicional de uma etapa de fabricação que pode ser executada com alguma permuta é a etapa de aca-

bamento fosco. Frequentemente, em especial quando fabricado na modalidade preferida de lâminas cirúrgicas, a superfície de silício da lâmina será altamente reflexiva. Isto pode causar distração para o cirurgião se a lâmina estiver sendo
5 utilizada sob um microscópio com uma fonte de iluminação. Portanto, a superfície da lâmina pode ser dotada de um acabamento fosco que difunde luz incidente (de uma lâmpada de alta intensidade utilizada durante procedimento cirúrgico, por exemplo) fazendo com que apareça fosca ao contrário de
10 brilhante. O acabamento fosco é criado pela irradiação da superfície de lâmina com um laser apropriado, para remover regiões na superfície da lâmina de acordo com padrões e densidades específicos. As regiões removidas são feitas no formato de um círculo porque esse é genericamente o formato do
15 feixe a laser emitido, embora não necessite ser o caso. A dimensão das regiões removidas circulares varia de 25 - 50 microns em diâmetro, e novamente depende do fabricante e tipo de laser utilizado. A profundidade das regiões removidas circulares varia de 10-25 microns.

20 A "densidade" de regiões removidas circulares se refere à percentagem total de área superficial coberta pelas regiões removidas circulares. Uma "densidade de região removida" de aproximadamente 5% torna fosca a lâmina de forma perceptível, de sua aparência semelhante a espelho normalmente lisa. Entretanto, a co-localização de todas as regiões
25 removidas não afeta o efeito semelhante a espelho do equilíbrio da lâmina. Portanto, as regiões removidas circulares são aplicadas em toda a área superficial da lâmina, porém em

um modo aleatório. Na prática, um arquivo gráfico pode ser gerado que localiza aleatoriamente as depressões, porém obtém o efeito desejado de uma densidade de região removida específica e aleatoriedade para o padrão. Esse arquivo gráfico
5 fico pode ser criado manualmente, ou automaticamente por um programa em um computador. Uma característica adicional que pode ser implementada é a inscrição de números de série, logotipos de fabricante, ou o nome do cirurgião ou do hospital na própria lâmina.

10 Tipicamente, um laser de pórtico pode ser utilizado para criar o acabamento fosco nas lâminas, ou uma máquina a laser de cabeça de galvanização. O anterior é lento, porém extremamente preciso e o posterior é rápido, porém não tão preciso quanto o de pórtico. Uma vez que a precisão geral
15 não é vital, e a velocidade de fabricação afeta diretamente o custo, a máquina a laser de cabeça de galvanização é a ferramenta preferida. É capaz de mover milhares de milímetros por segundo, fornecendo um tempo de gravação de região removida geral de aproximadamente cinco segundos para uma
20 lâmina cirúrgica típica.

A presente invenção foi descrita com referência a certas modalidades exemplares da mesma. Entretanto, será facilmente evidente para aqueles versados na arte que é possível incorporar a invenção em formas específicas diferentes
25 daquelas das modalidades exemplares descritas acima. Isto pode ser feito sem se afastar do espírito e âmbito da invenção. A modalidade exemplar é simplesmente ilustrativa e não deve ser considerada restritiva de modo algum. O âmbito da

invenção é definido pelas reivindicações apensas e seus equivalentes, em vez de pela descrição precedente.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para fabricar um dispositivo de corte de um material cristalino, **CARACTERIZADO** por compreender:

5 usinar pelo menos um perfil de lâmina na pastilha de material cristalino em seu primeiro lado;

 gravar a pastilha de material cristalino para formar pelo menos uma lâmina cirúrgica; e

 singularizar as lâminas cirúrgicas de material cristalino gravado.

10 2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de usinagem compreende:

 usinar pelo menos um perfil de lâmina na pastilha de material cristalino com uma lâmina de corte em cubos.

15 3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de usinagem compreende:

 usinar pelo menos um perfil de lâmina na pastilha de material cristalino com um feixe laser.

20 4. Método, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o feixe laser é produzido por um laser de excímero ou um jato de água a laser.

 5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de usinagem compreende:

 usinar pelo menos um perfil de lâmina na pastilha de material cristalino com uma máquina ultra-sônica.

25 6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de usinagem compreende:

 usinar pelo menos um perfil de lâmina na pastilha de material cristalino com um processo de forja a quente.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de gravação compreende:

colocar a pastilha de material cristalino com pelo menos um perfil de lâmina e um barco de pastilha;

5 imersão o barco de pastilha e pastilha de material cristalino com pelo menos um perfil de lâmina em um banho de ácido isotrópico;

 gravar o material cristalino em um modo uniforme de tal modo que o material cristalino seja removido em um modo uniforme em qualquer superfície exposta, pelo que um gume de lâmina cirúrgica afiado é gravado no formato de pelo menos um perfil de lâmina.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o banho de ácido isotrópico
15 compreende:

uma mistura de ácido fluorídrico, ácido nítrico e ácido acético.

9. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o banho de ácido isotrópico
20 compreende:

uma mistura de ácido fluorídrico, ácido nítrico e água.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de gravação compreende:

25 colocar a pastilha de material cristalino com pelo menos um perfil de lâmina em um barco de pastilha;

 pulverizar um meio de gravação de pulverização no barco de pastilha e pastilha de material cristalino com pelo

menos um perfil de lâmina;

gravar o material cristalino em um modo uniforme com o meio de gravação de pulverização de tal modo que o material cristalino seja removido em um modo uniforme em qualquer superfície exposta, pelo que um gume de lâmina cirúrgico afiado é gravado no formato de pelo menos um perfil de lâmina.

11. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de gravação compreende:

10 colocar a pastilha de material cristalino com pelo menos um perfil de lâmina em um barco de pastilha;

15 imergir o barco de pastilha e pastilha de material cristalino com pelo menos um perfil de lâmina em um difluoreto de xenônio isotrópico, hexafluoreto de enxofre ou ambiente de gás fluorado similar;

gravar o material cristalino em um modo uniforme com o difluoreto de xenônio isotrópico, hexafluoreto de enxofre ou gás fluorado similar de tal modo que o material cristalino seja removido em um modo uniforme em qualquer superfície exposta, pelo que um gume afiado de lâmina cirúrgica é gravado no formato de pelo menos um perfil de lâmina.

12. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de gravação compreende:

25 colocar a pastilha de material cristalino com pelo menos um perfil de lâmina em um barco de pastilha;

imersão do barco de pastilha e pastilha de material cristalino com pelo menos um perfil de lâmina em um banho eletrolítico;

gravar o material cristalino em um modo uniforme com o banho eletrolítico de tal modo que o material cristalino seja removido em um modo uniforme em qualquer superfície exposta, pelo que um gume afiado de lâmina cirúrgica é gravado no formato de pelo menos um perfil de lâmina.

13. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de singularizar compreende:

10 cortar em cubos a pastilha usinada de material cristalino com uma lâmina de corte em cubos.

14. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de singularizar compreende:

15 cortar em cubos a pastilha usinada de material cristalino com um feixe laser.

15. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o feixe laser é produzido por um laser de excímero ou um jato de água a laser.

16. Método, de acordo com a reivindicação 1, **20 CARACTERIZADO** adicionalmente por compreender:

cortar em cubos a pastilha usinada de perfis de material cristalino após usinagem de pelo menos um perfil de lâmina na forma de lâmina cirúrgica de chanfro único e antes da etapa de gravação.

25 17. Método, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de corte em cubos compreende:

cortar em cubos a pastilha usinada de material

cristalino com uma lâmina de corte em cubos.

18. Método, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de corte em cubos compreende:

5 cortar em cubos a pastilha usinada de material cristalino com um feixe laser.

19. Método, de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o feixe laser é produzido por um laser de excímero ou um jato de água a laser.

10 20. Método para fabricar uma lâmina cirúrgica de um material cristalino conforme definida na reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente por compreender:

15 usinara pelo menos um segundo perfil de lâmina na pastilha de material cristalino em um segundo lado da pastilha de material cristalino antes da etapa de gravação.

21. Método, de acordo com a reivindicação 20, **CARACTERIZADO** adicionalmente por compreender:

 revestir o primeiro lado da pastilha usinada de material cristalino.

20 22. Método, de acordo com a reivindicação 21, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de revestimento compreende:

25 revestir o primeiro lado da pastilha usinada de material cristalino com uma camada de material selecionado do grupo que consiste em nitreto de silício, nitreto de titânio, nitreto de titânio alumínio, dióxido de silício, carboneto de silício, carbeto de titânio, nitreto de boro e cristais semelhantes a diamante.

23. Método, de acordo com a reivindicação 20, **CARACTERIZADO** adicionalmente por compreender:

5 cortar em cubos a pastilha usinada de material cristalino em perfis de lâmina com chanfro duplo usinados, separados, após usinar pelo menos um segundo perfil de lâmina no segundo lado e antes da etapa de gravação.

24. Método, de acordo com a reivindicação 23, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de corte em cubos compreende;

10 cortar em cubos a pastilha usinada de material cristalino com uma lâmina de corte em cubos.

25. Método, de acordo com a reivindicação 23, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de corte em cubos compreende:

15 cortar em cubos a pastilha usinada de material cristalino com um feixe laser.

26. Método, de acordo com a reivindicação 25, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o feixe laser é produzido por um laser de excímero ou um jato de água a laser.

20 27. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente por compreender:

 revestir o primeiro lado da pastilha de material cristalino após a etapa de usinar a pastilha de material cristalino; e

25 montar a pastilha de material cristalino em seu primeiro lado antes da etapa de gravação.

28. Método, de acordo com a reivindicação 27, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de revestimento com-

preende:

revestir o primeiro lado da pastilha formada de material cristalino com uma camada de material selecionado do grupo que consiste em nitreto de silício, nitreto de titânio, nitreto de titânio alumínio, dióxido de silício, carbeto de silício, carbeto de titânio, nitreto de boro e cristais semelhantes a diamante.

29. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o material cristalino compreende silício.

30. Método para fabricar um dispositivo de corte de um material cristalino, **CARACTERIZADO** por compreender:

montar uma pastilha de material cristalino em um conjunto de montagem;

15 pré-cortar a pastilha montada de material cristalino, de tal modo que uma pluralidade de fidúcias de furo direto são cortadas para auxiliar na etapa de usinagem;

usinar pelo menos um perfil de lâmina na pastilha de material cristalino em seu primeiro lado;

20 gravar a pastilha de material cristalino para formar pelo menos uma lâmina cirúrgica;

singularizar as lâminas cirúrgicas de material cristalino gravado; e

25 irradiar as lâminas cirúrgicas de material cristalino gravado, singularizadas com luz ultravioleta, para separar as mesmas do conjunto de montagem, em preparação para embalagem para venda.

31. Método, de acordo com a reivindicação 30, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de pré-corte compreende:

5 pré-cortar fidúcias de furo direto na pastilha montada de material cristalino com um feixe laser.

32. Método, de acordo com a reivindicação 31, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o feixe laser é produzido por um laser de excímero ou um jato de água a laser.

10 33. Método, de acordo com a reivindicação 30, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a etapa de pré-corte compreende:

pré-cortar fidúcias de furo direto na pastilha montada de material cristalino utilizando um dispositivo de usinagem mecânica.

15 34. Método, de acordo com a reivindicação 33, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de usinagem mecânica compreende uma ferramenta de perfuração, ferramenta de usinagem ultra-sônica ou um dispositivo de esmerilhamento mecânico.

20 35. Método, de acordo com a reivindicação 30, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o material cristalino compreende silício.

36. Método para fabricar um dispositivo de corte de um material cristalino, **CARACTERIZADO** por compreender:

25 montar uma pastilha de material cristalino em um conjunto de montagem;

pré-cortar a pastilha montada de material cristalino, de tal modo que uma pluralidade de ranhuras são corta-

das para auxiliar na etapa de usinagem;

usinar pelo menos um perfil de lâmina na pastilha de material cristalino em seu primeiro lado;

gravar a pastilha de material cristalino para formar pelo menos uma lâmina cirúrgica;

singularizar as lâminas cirúrgicas de material cristalino gravado; e

irradiar as lâminas cirúrgicas de material cristalino gravadas singularizadas com luz ultravioleta, para separar as mesmas do conjunto de montagem, em preparação para embalagem para venda.

37. Método, de acordo com a reivindicação 36, **CARACTERIZADO** adicionalmente por compreender:

pré-cortar ranhuras na pastilha montada de material cristalino com um feixe laser a uma distância em afastamento da borda do material cristalino; e

usinar pelo menos um perfil de lâmina com uma lâmina de cortar em cubos que engata a pastilha cristalina na ranhura pré-cortada.

38. Método, de acordo com a reivindicação 37, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o feixe laser é produzido por um laser de excímero ou um jato de água a laser.

39. Método, de acordo com a reivindicação 36, **CARACTERIZADO** adicionalmente por compreender:

pré-cortar ranhuras na pastilha montada de material cristalino com um dispositivo de usinagem mecânica a uma distância em afastamento da borda do material cristalino; e

usinar pelo menos um perfil de lâmina com uma lâ-

mina de corte em cubos que engata a pastilha cristalina na ranhura pré-cortada.

40. Método, de acordo com a reivindicação 39, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dispositivo de usinagem mecânica compreende uma ferramenta de perfuração, ferramenta de usinagem ultra-sônica ou um dispositivo de esmerilhamento mecânico.

41. Método, de acordo com a reivindicação 36, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o material cristalino compreende silício.

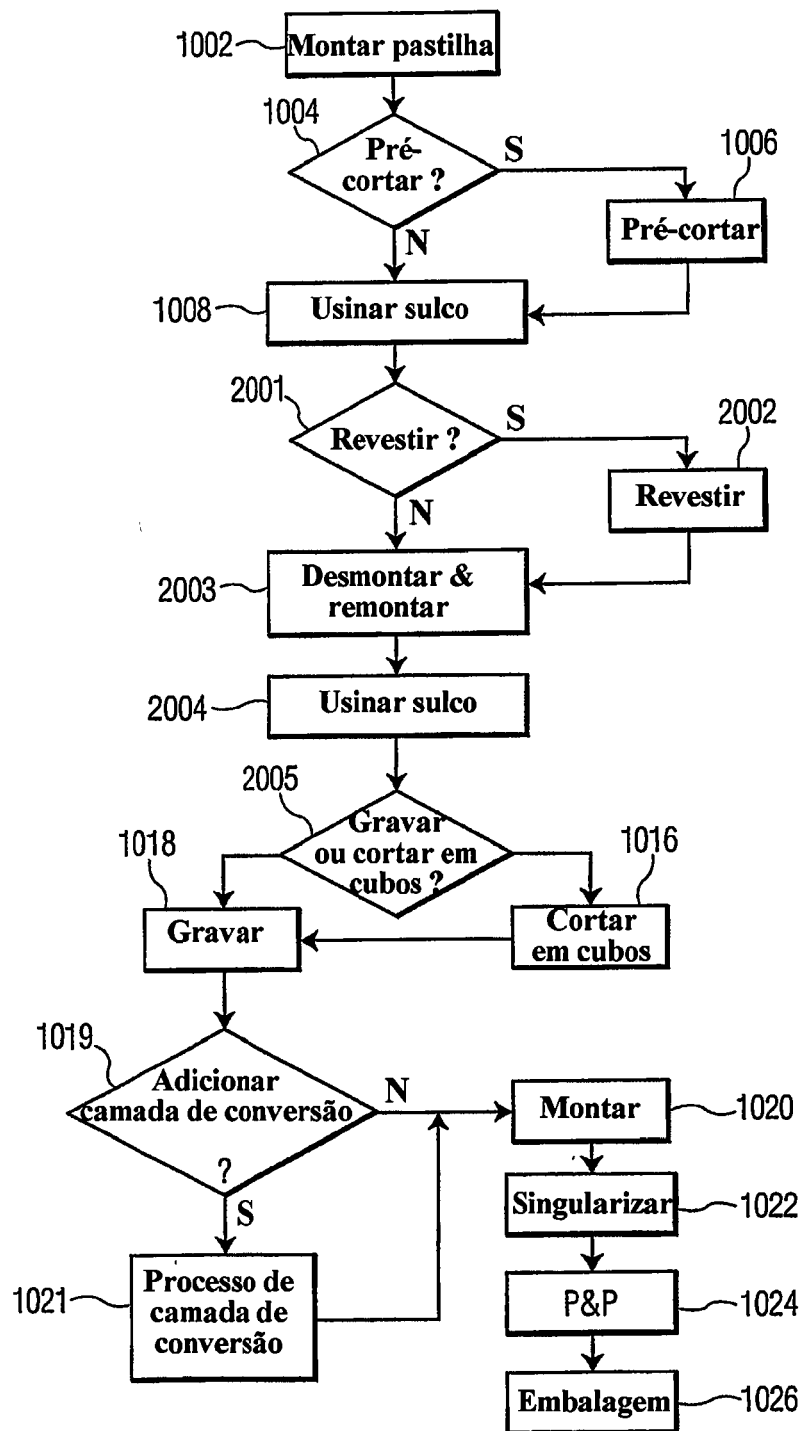


FIG. 1

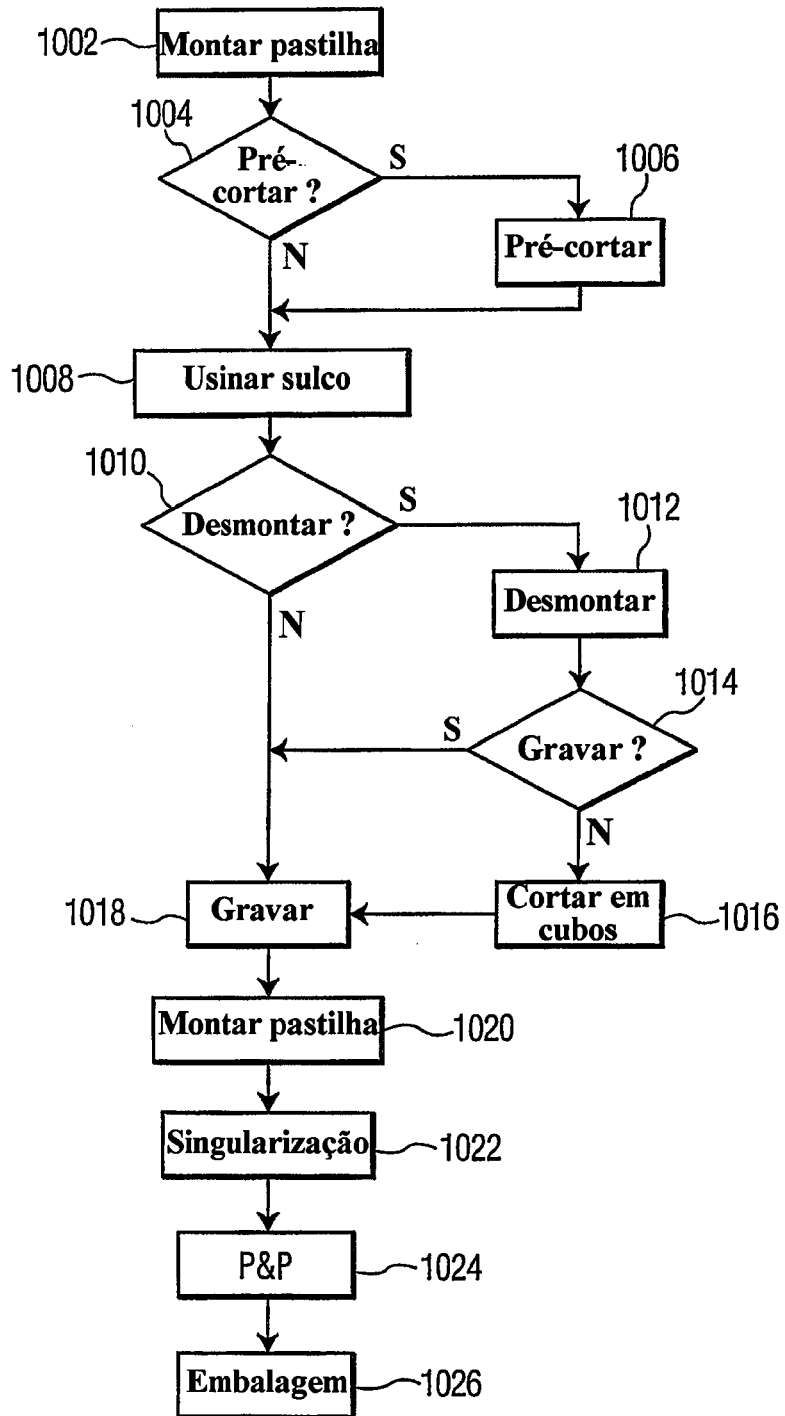


FIG. 2

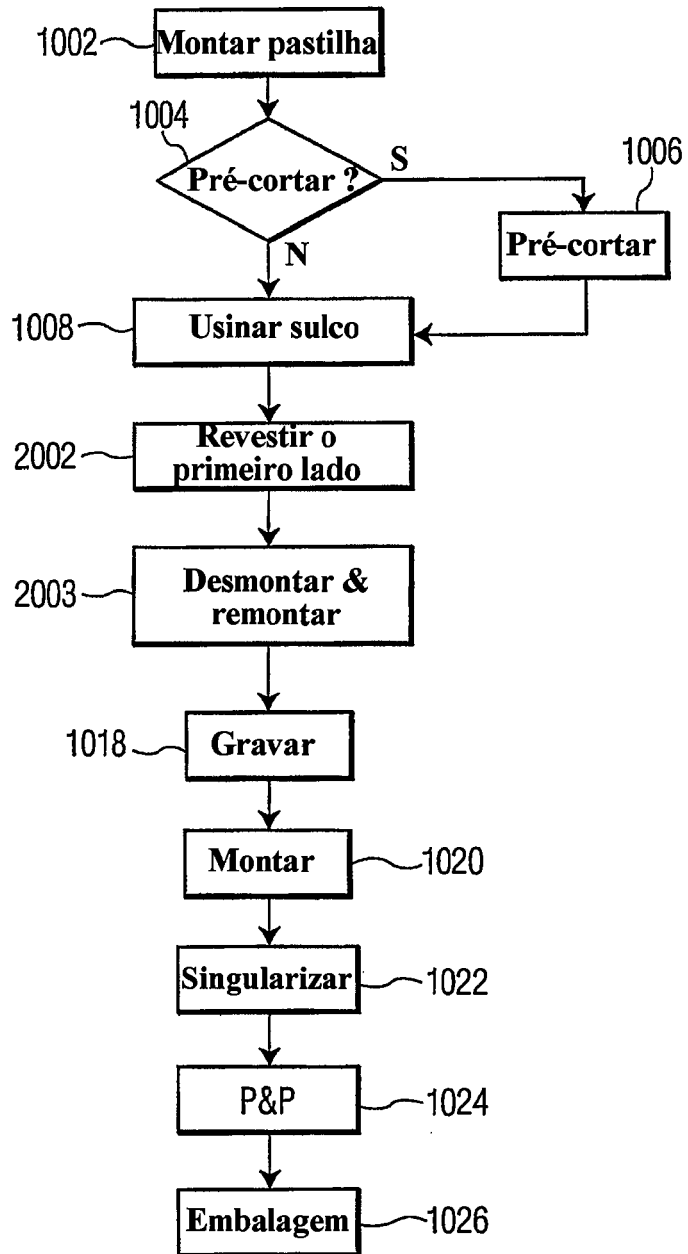


FIG. 3

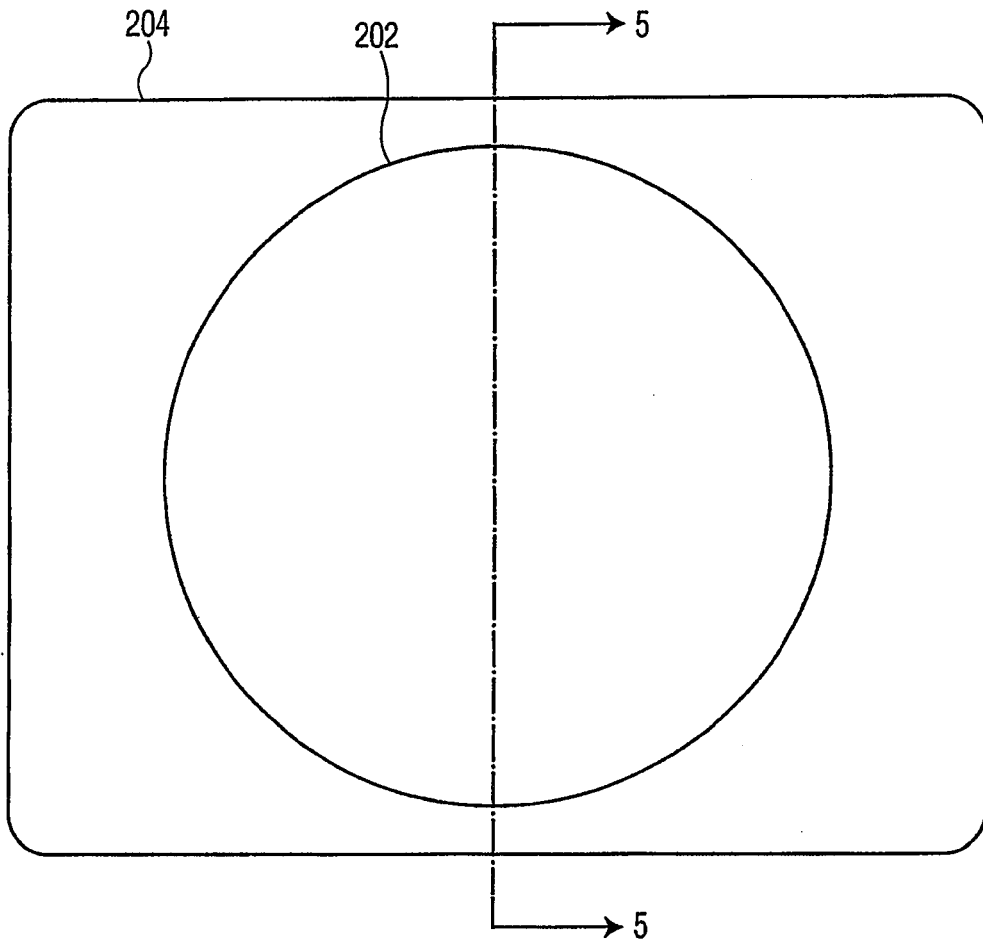


FIG. 4

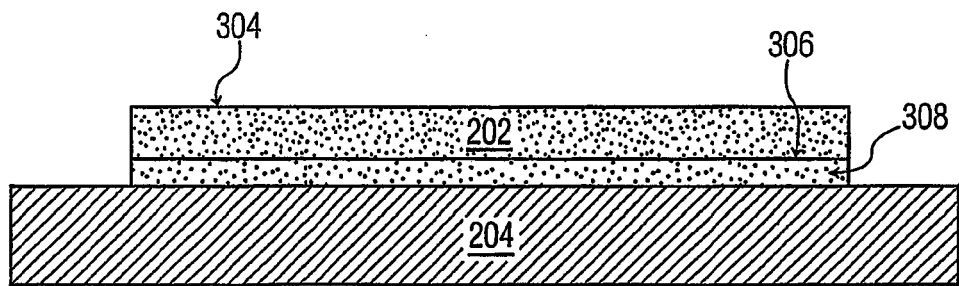


FIG. 5

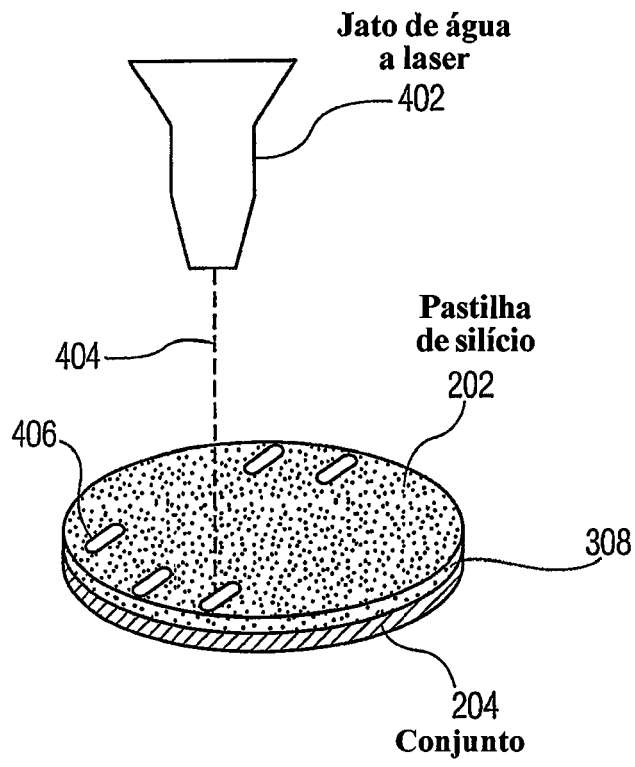


FIG. 6

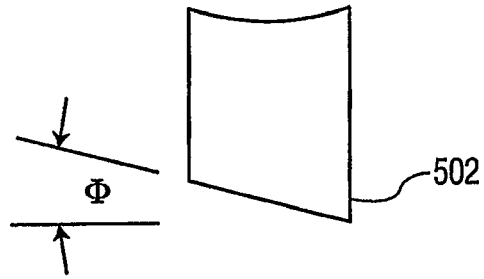


FIG. 7A

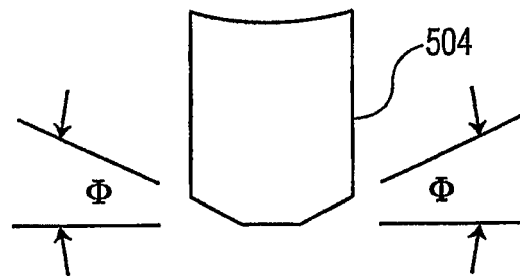


FIG. 7B

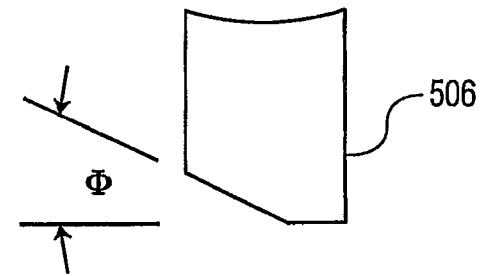


FIG. 7C

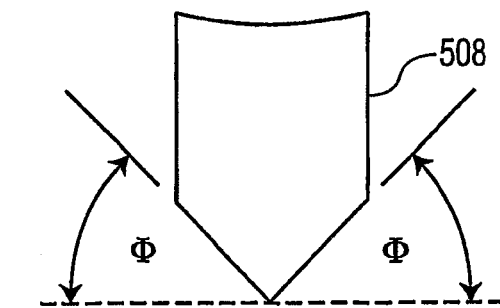


FIG. 7D

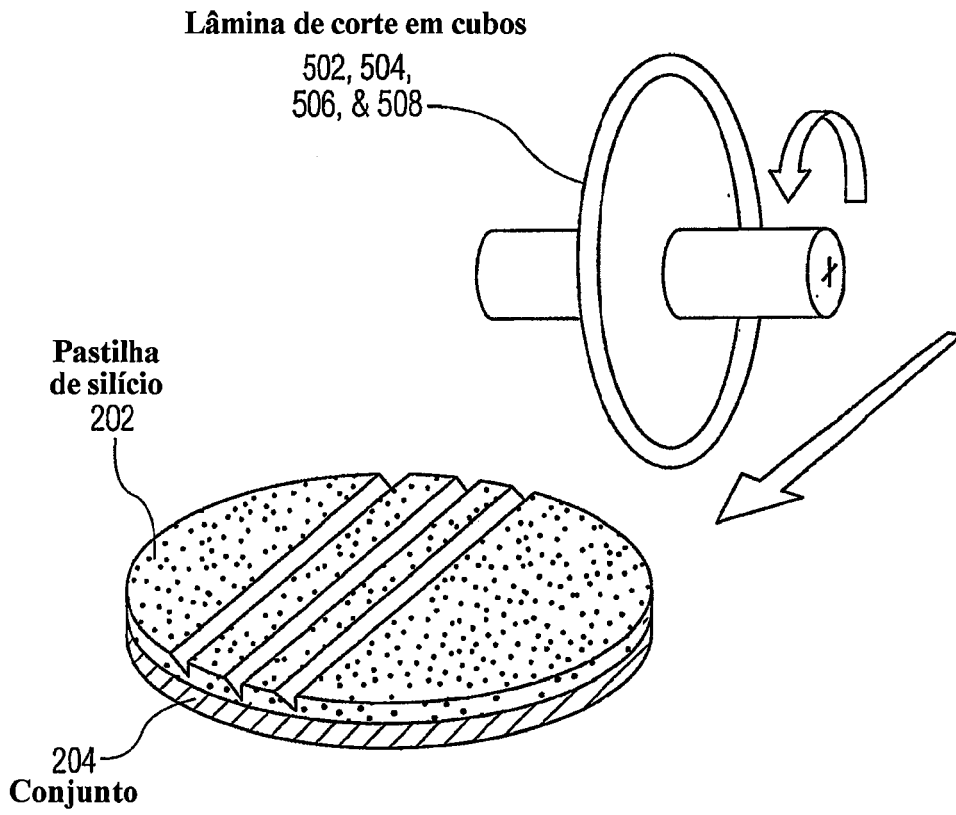


FIG. 8

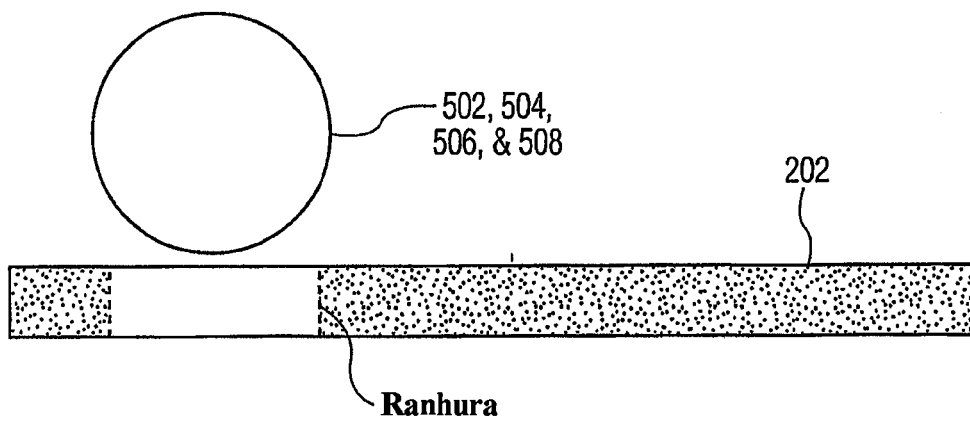


FIG. 8A

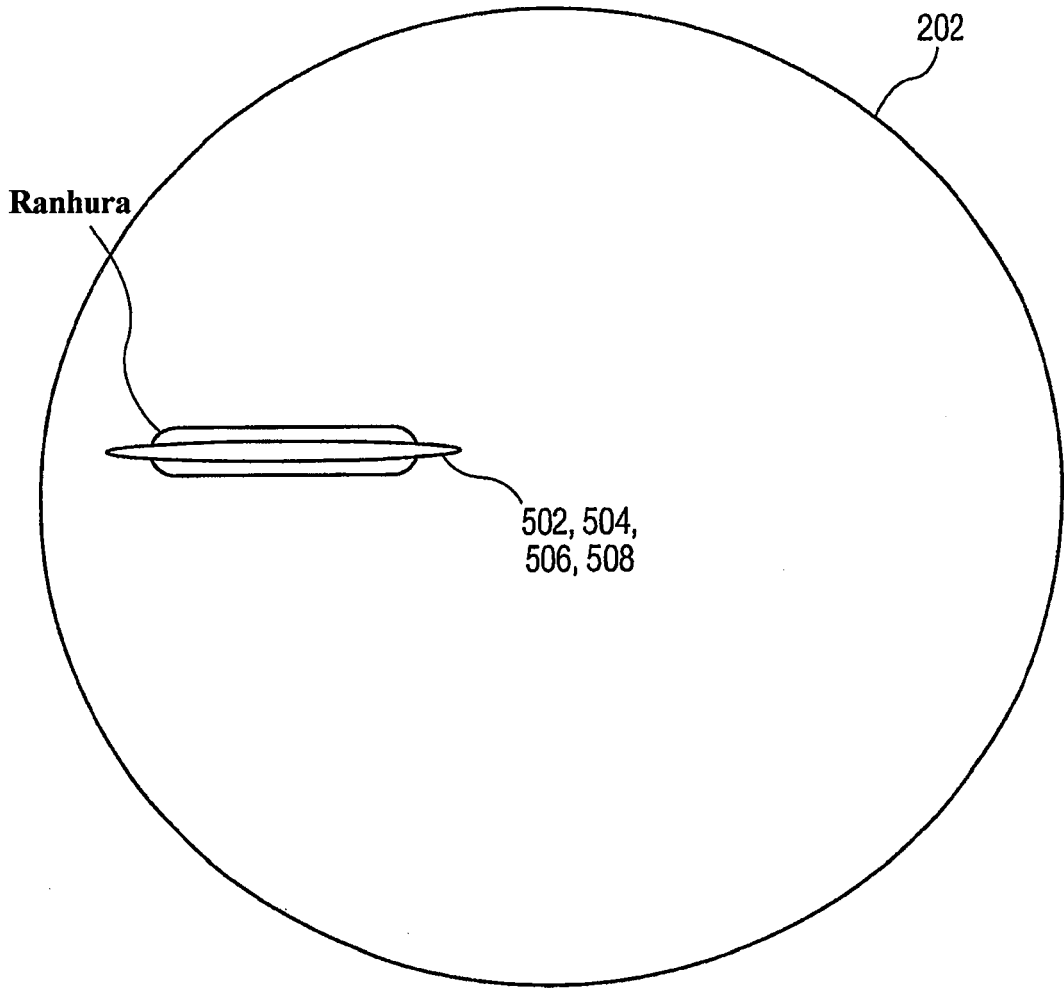


FIG. 8B

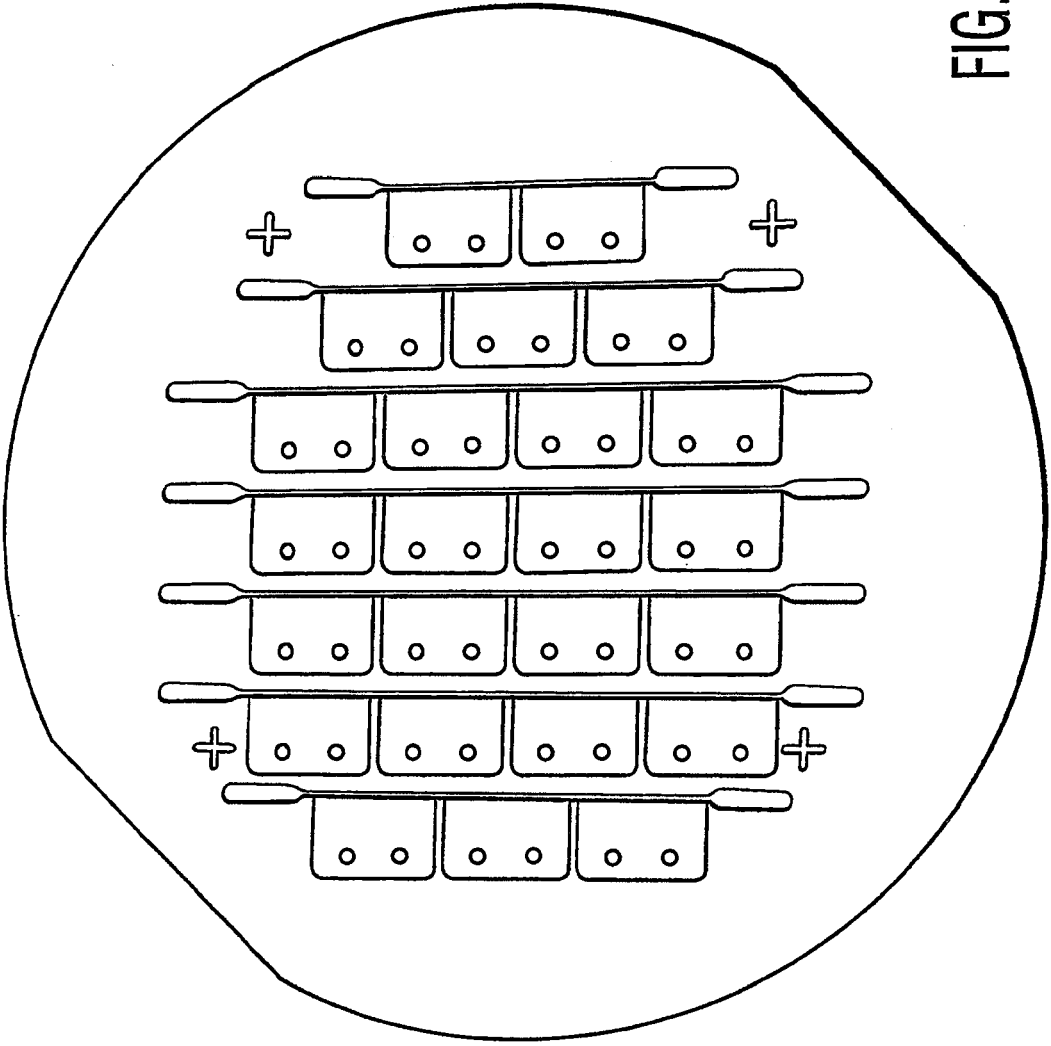


FIG. 8C

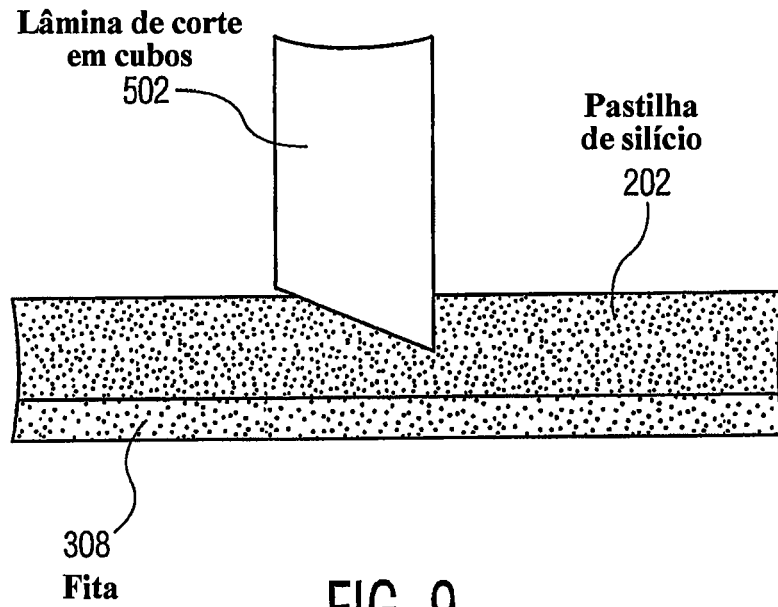


FIG. 9

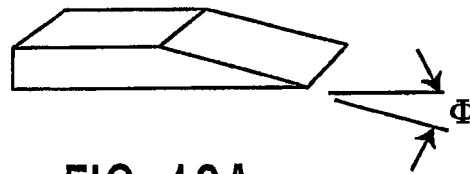


FIG. 10A

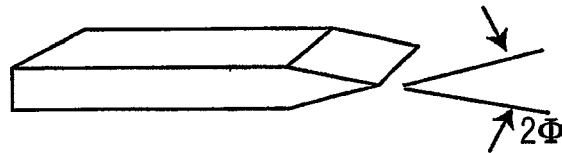


FIG. 10B

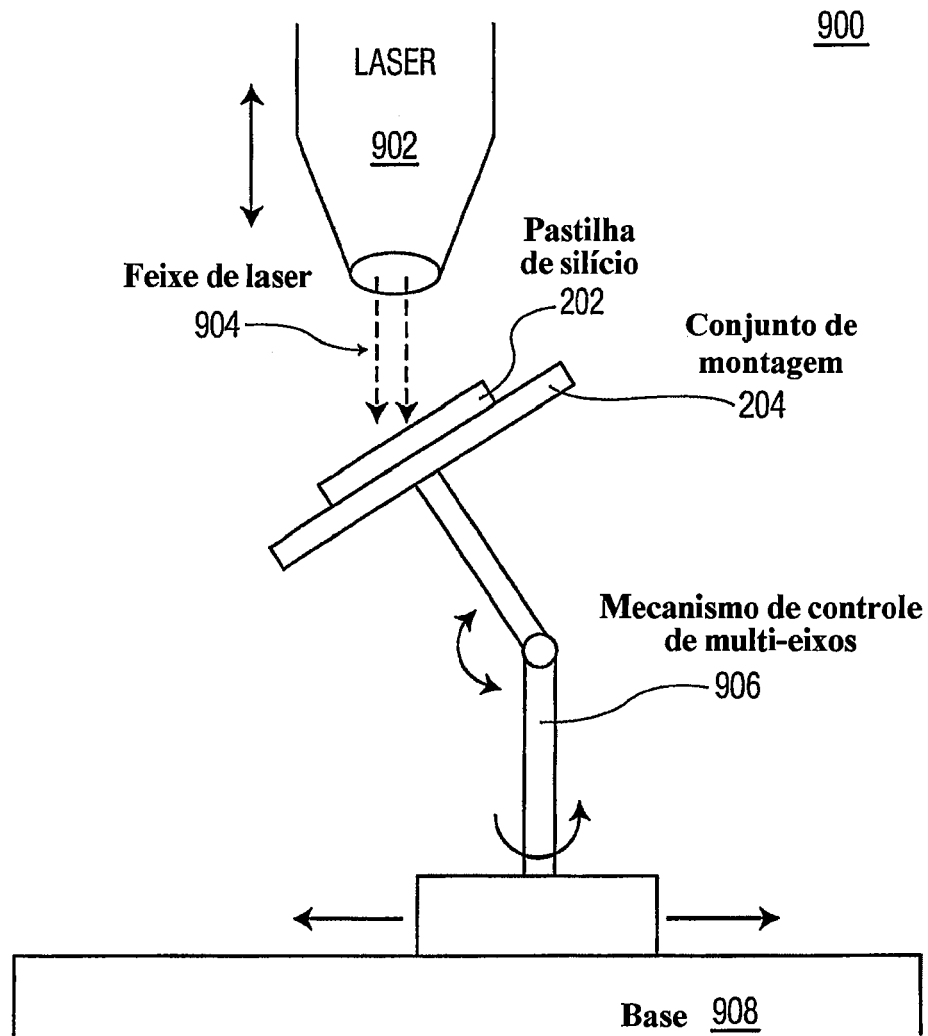


FIG. 11

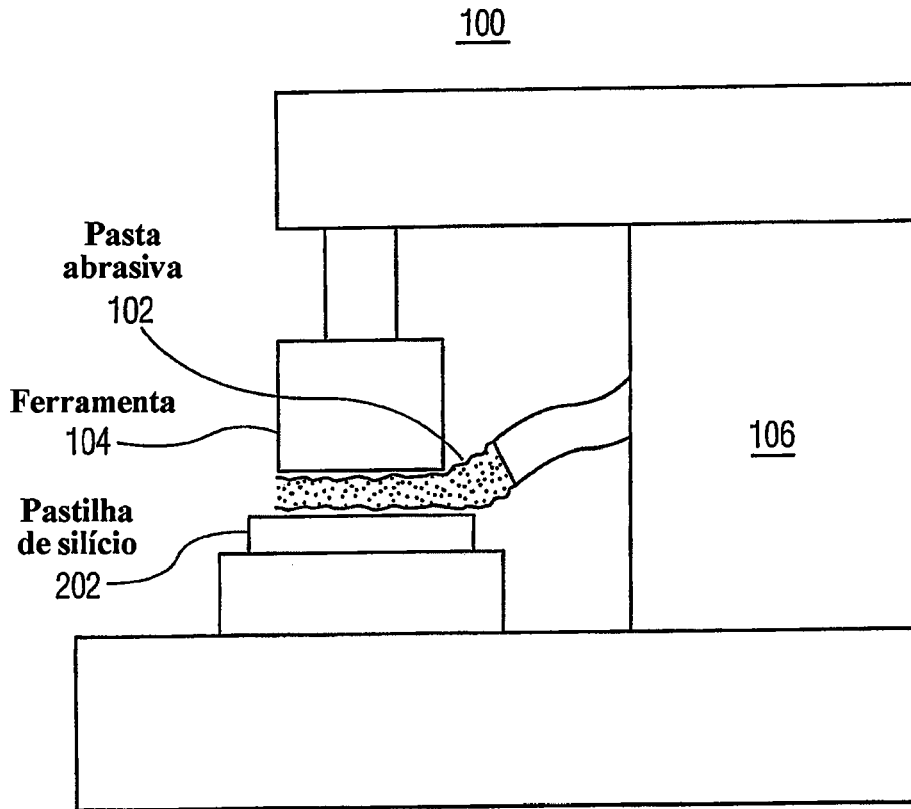


FIG. 12

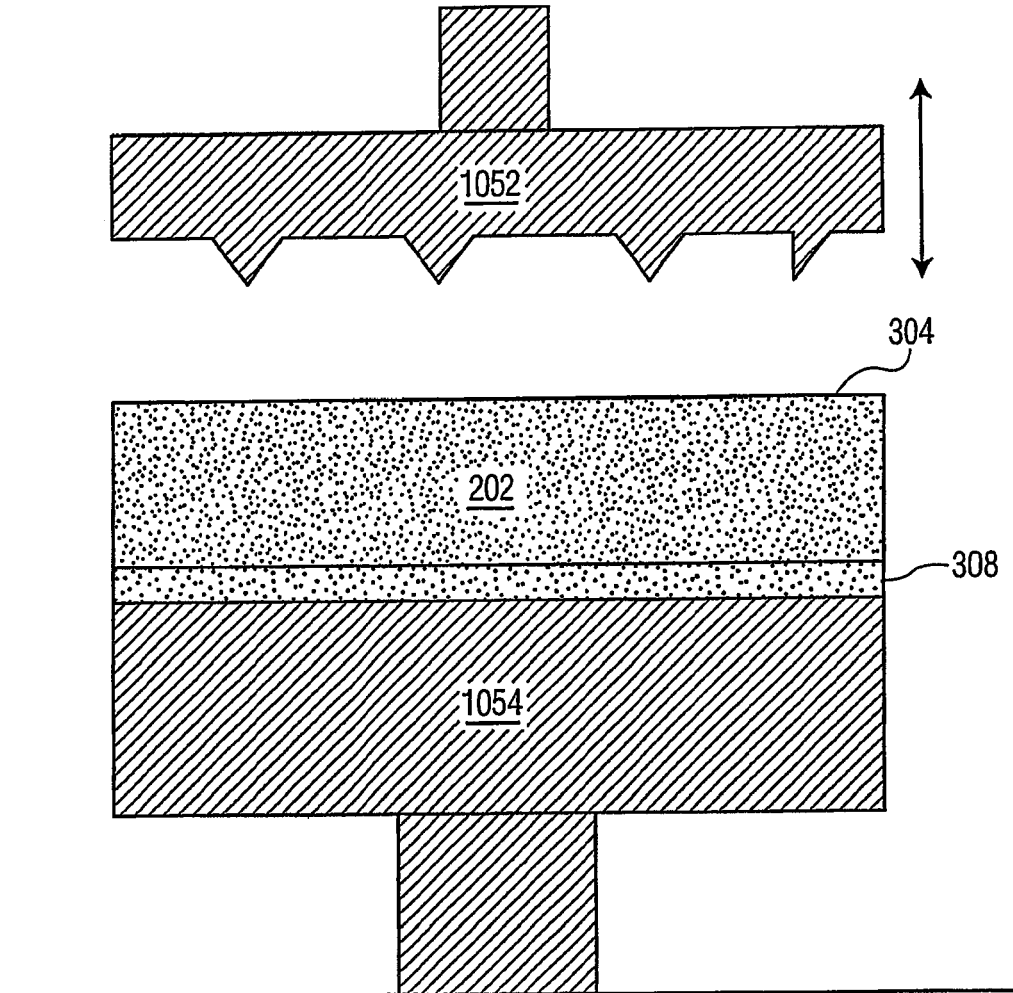


FIG. 13

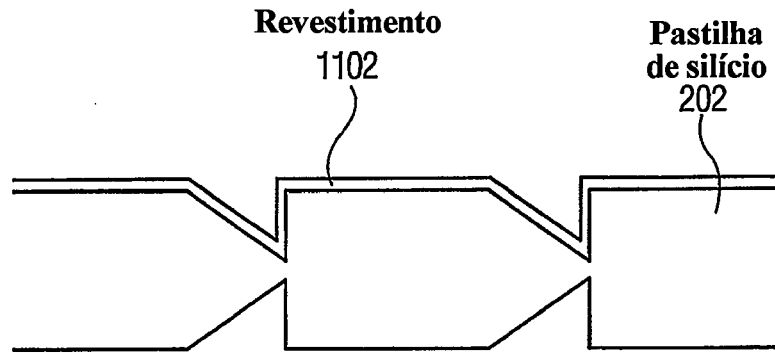


FIG. 14

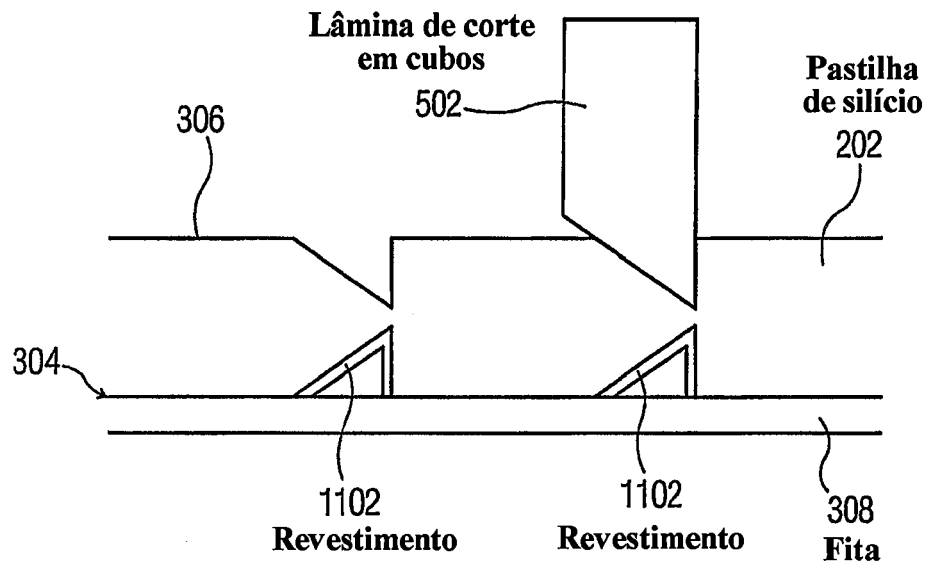


FIG. 15

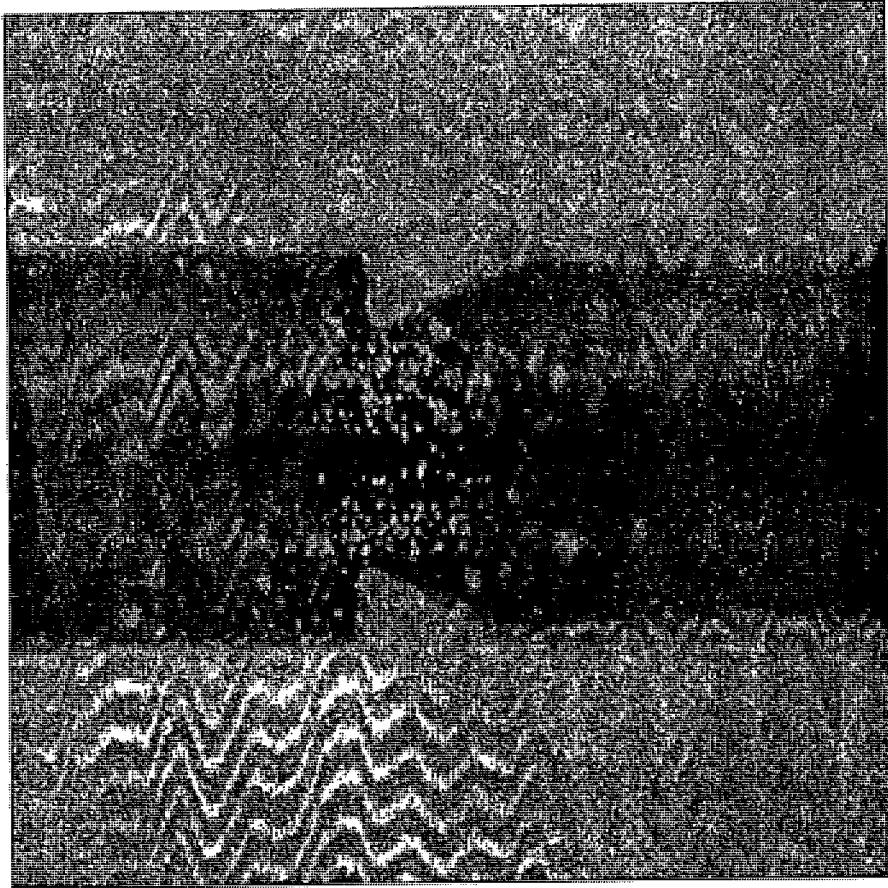


FIG. 16

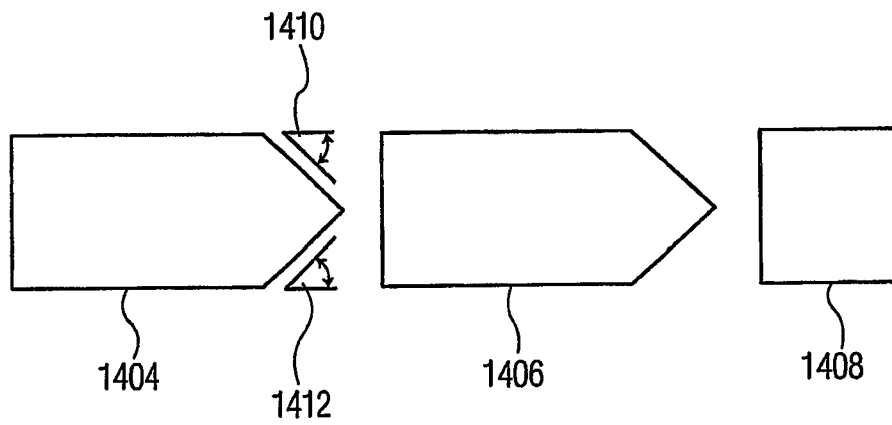
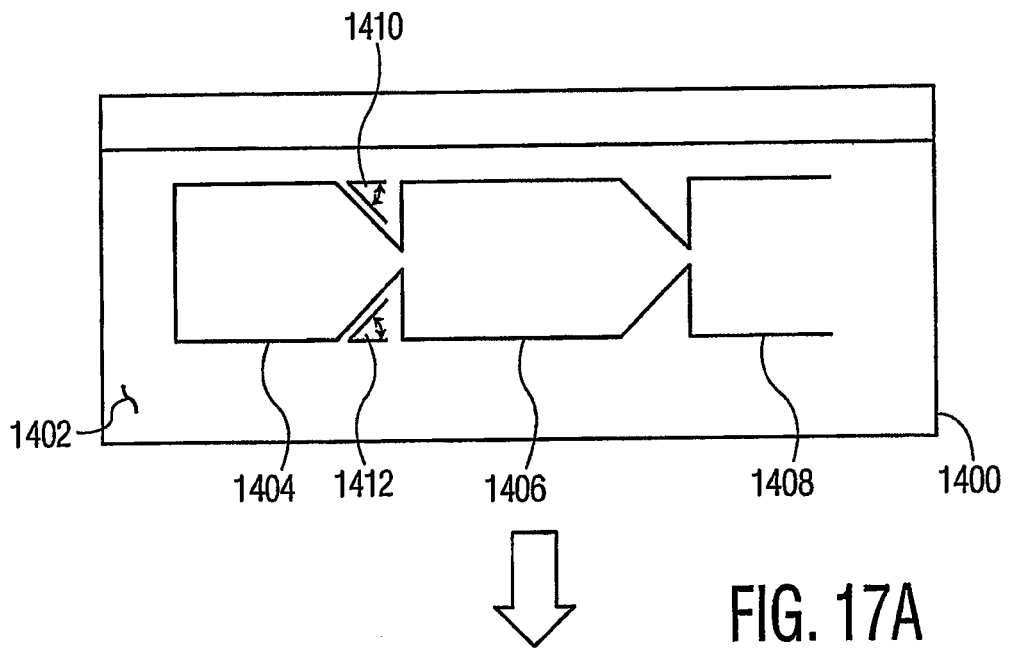


FIG. 17B

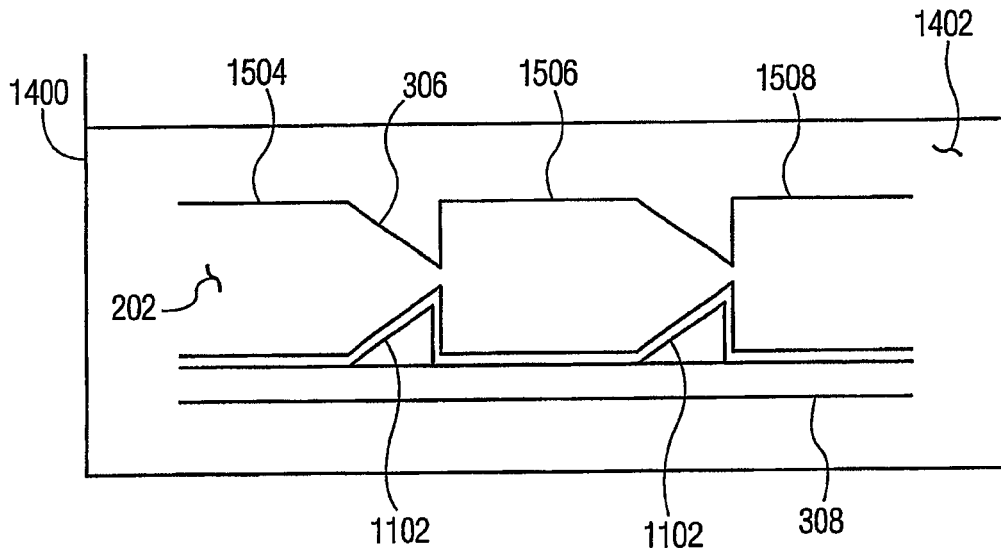


FIG. 18A

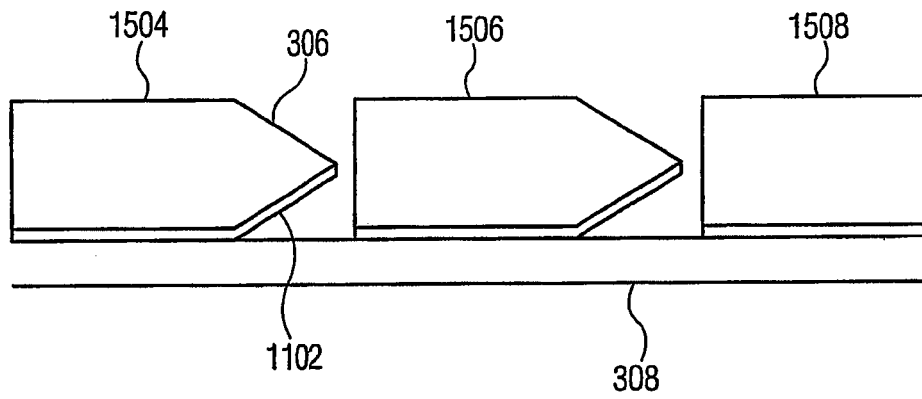


FIG. 18B

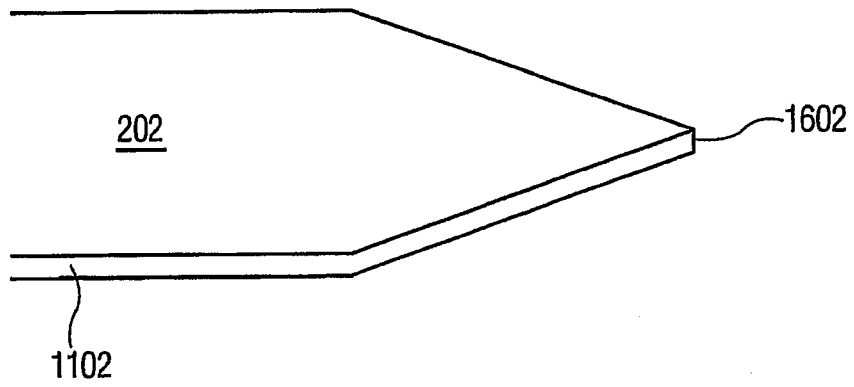


FIG. 19

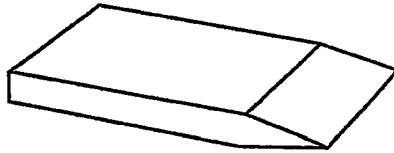


FIG. 20A



FIG. 20B



FIG. 20C

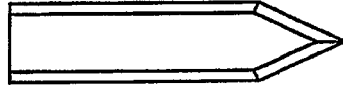


FIG. 20D



FIG. 20E

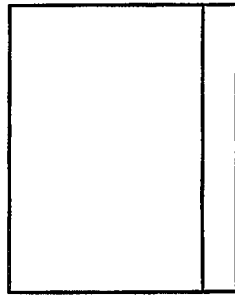
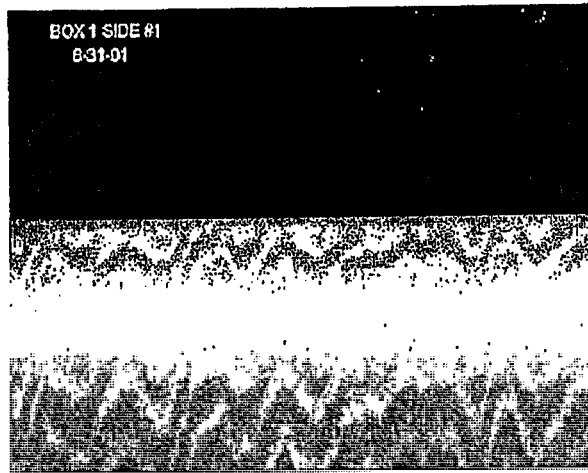


FIG. 20F

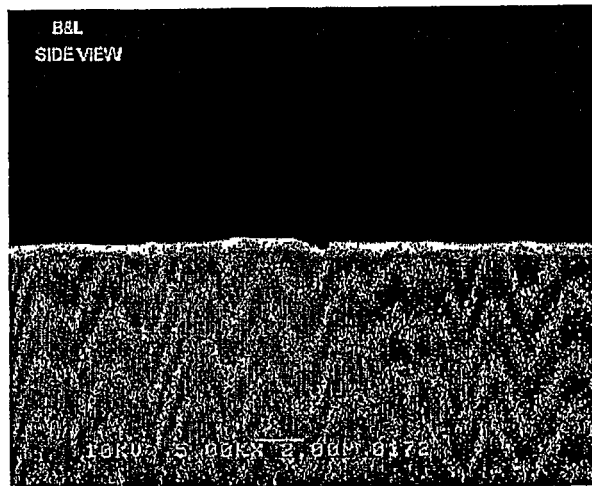


FIG. 20G



5000 X

FIG. 21A



5000 X

FIG. 21B

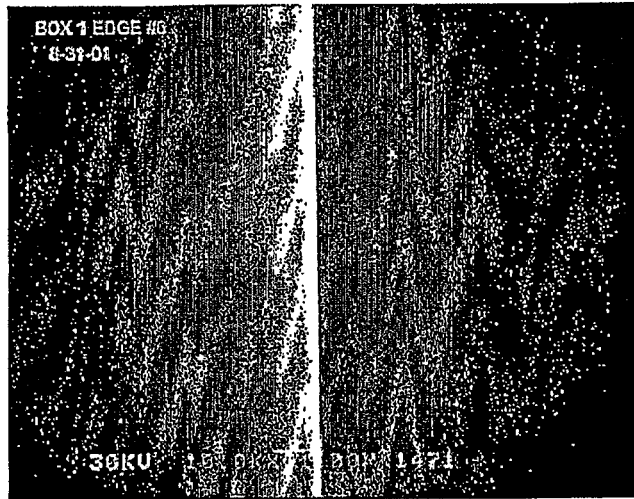


FIG. 22A

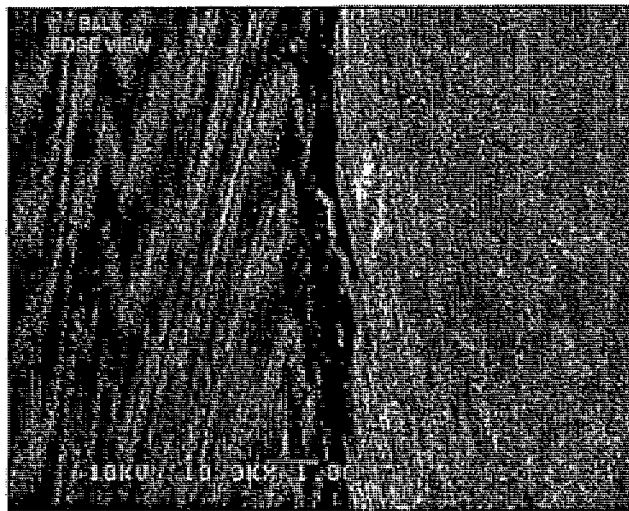


FIG. 22B

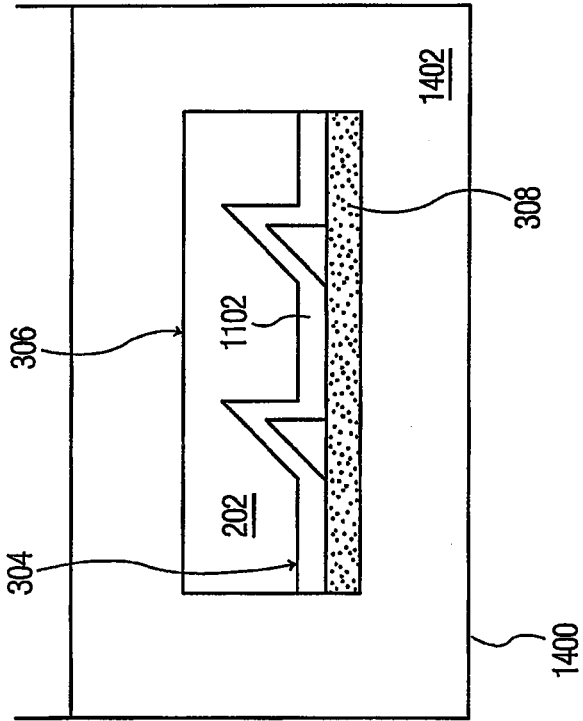


FIG. 23A

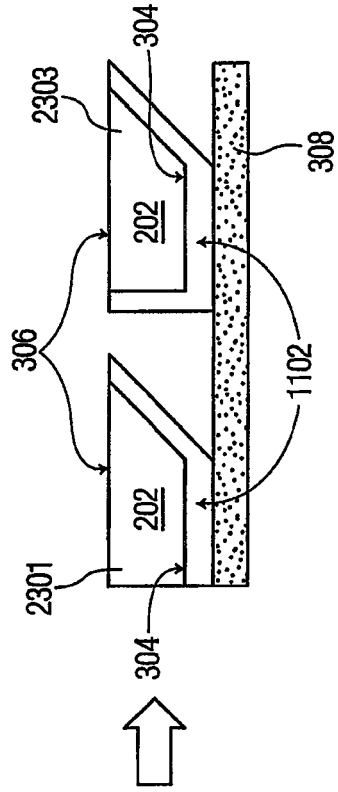


FIG. 23B

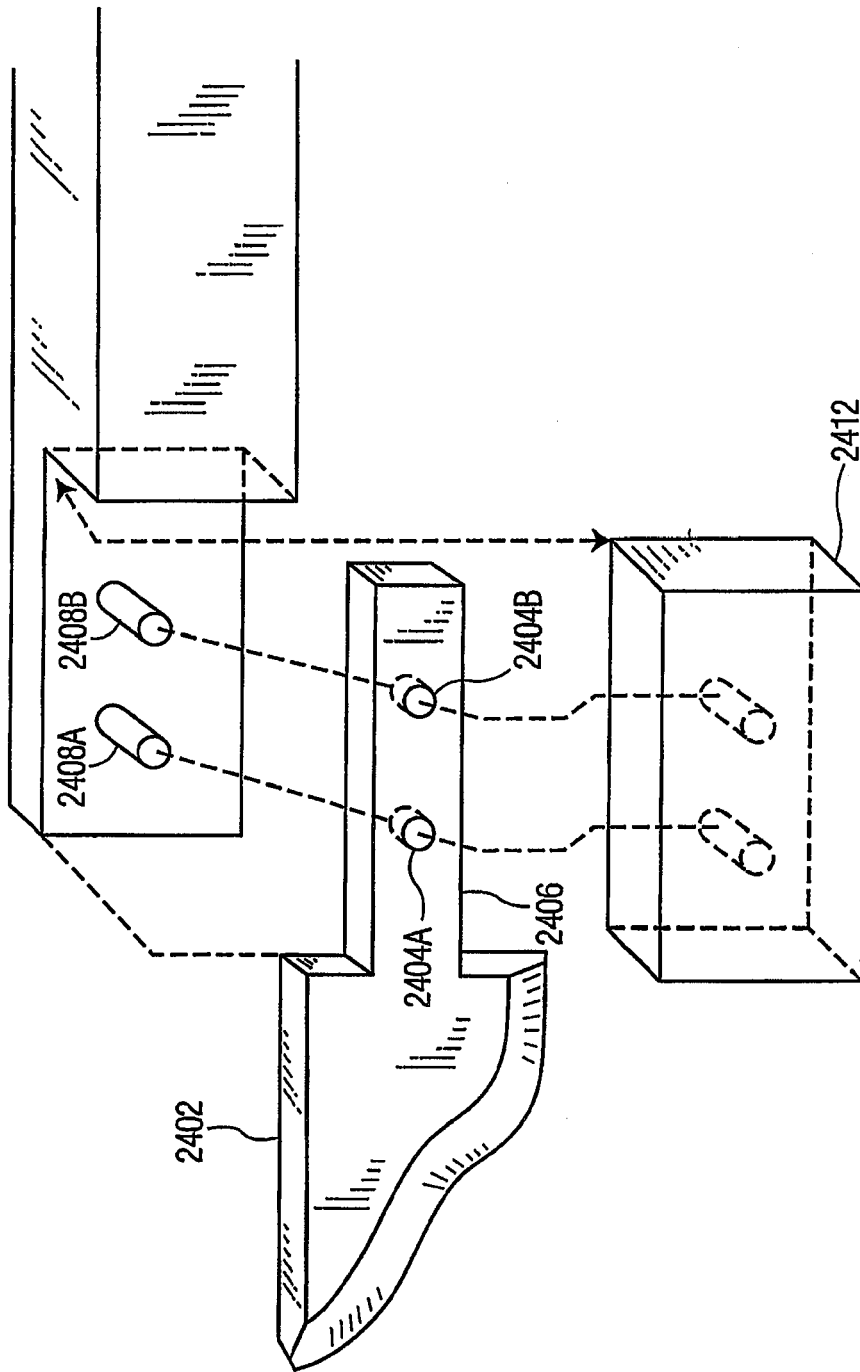


FIG. 24

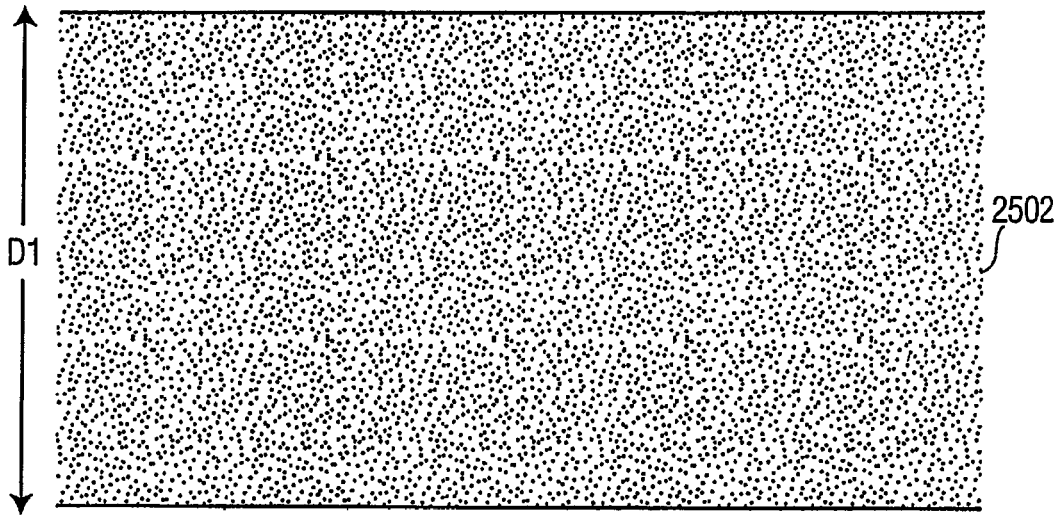


FIG. 25A

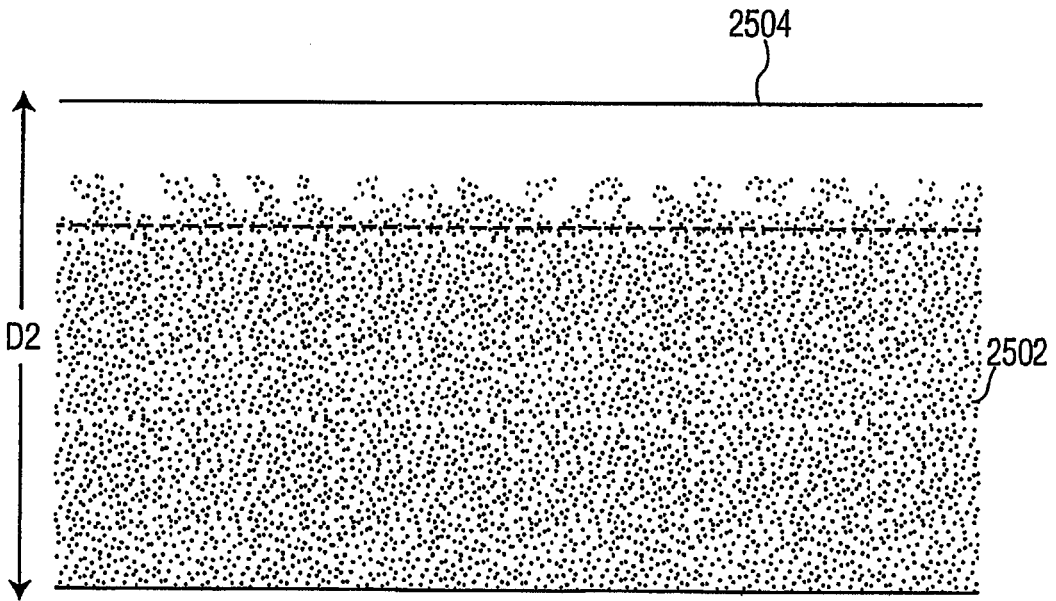


FIG. 25B

RESUMO

“MÉTODO PARA FABRICAR UM DISPOSITIVO DE CORTE DE MATERIAL CRISTALINO E MÉTODO PARA FABRICAR UMA LÂMINA CIRÚRGICA DE MATERIAL CRISTALINO”

5 É revelado um método para fabricar lâminas cirúrgicas (2402) de um material cristalino ou poli-cristalino, de preferência na forma de uma pastilha (202). O método inclui a preparação das pastilhas cristalinas ou poli-cristalinas pela montagem das mesmas e usinagem de sulcos
10 nas pastilhas. Os métodos para usinagem dos sulcos, que formam as superfícies de lâmina de chanfro, incluem uma serra de lâmina de diamante (502, 504, 506, 508), sistema laser (900), máquina ultra-sônica (100), e uma prensa de forja a quente (1052, 1054). As pastilhas são colocadas em uma solu-
15 ção de meio de gravação (1402) que grava isotropicamente as pastilhas em um modo uniforme, de tal modo que as camadas de material cristalino ou poli-cristalino sejam removidas uniformemente, produzindo lâminas de chanfro único ou duplo (20A-G). Qualquer ângulo pode ser usinado na pastilha o qual
20 permanece após gravação. Os raios resultantes dos gumes de lâmina é de 5-500 nm, isto é equivalente a uma lâmina de gume de diamante fabricada em uma fração do custo.