



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

(11) PI 0609127-0 B1

(22) Data do Depósito: 01/03/2006

(45) Data de Concessão: 23/10/2018



* B R P I 0 6 0 9 1 2 7 B 1 *

(54) Título: MÉTODO PARA OPERAÇÃO DE UMA FONTE DE ARCO ELÉTRICO PULSADA

(51) Int.Cl.: H01J 37/32; C23C 14/32

(30) Prioridade Unionista: 24/03/2005 CH 518/05

(73) Titular(es): OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG, PFÄFFIKON

(72) Inventor(es): JÜRGEN RAMM; OLIVER GSTOEHL; BENO WIDRIG; DANIEL LENDI

(85) Data do Início da Fase Nacional: 20/09/2007

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO PARA OPERAÇÃO DE UMA FONTE DE ARCO ELÉTRICO PULSADA"**.

Campo Técnico

[001] A presente invenção refere-se a um método para operar uma fonte de arco elétrico, de acordo com as cláusulas de pré-caracterização das reivindicações 1, 8 e 9, e a uma fonte de arco elétrico de acordo com as cláusulas de pré-caracterização das reivindicações 34,43 e 45.

Técnica Anterior

[002] A pulsação das fontes de ar já é conhecida há um tempo relativamente longo da técnica anterior, por exemplo, WO 02/070776 descreve em uma forma muito geral a pulsação das fontes de centelhas de modo a depositar várias camadas superduras incluindo TiSiN.

[003] WO 03/057939 descreve uma fonte de centelhas na qual a centelha é inflamada através de um suprimento de alta tensão pulsada e a centelha é alimentada através de um suprimento de alta corrente pulsada. Nesse caso, a centelha é operada de maneira descontínua. Materiais iniciais são cátodos metalicamente condutores, ligas condutoras e, além disso, carbono e/ou semicondutores que podem ser vaporizados. A fonte de arco elétrico descrita aqui, entretanto, é difícil de fabricar e dispendiosa para operar, particularmente para materiais de cátodo que são difíceis de processar, por causa da geometria altamente complexa do corpo alvo.

[004] US 6.361.663 descreve uma fonte de arco elétrico com um cátodo composto de material eletricamente condutor, que é operado em uma forma pulsada ou pulsada-modulada com correntes de pico de até 5 kA e com uma corrente de base de 100 A, por exemplo. Essa fonte também é difícil de fabricar e dispendiosa para operar como um resultado do seu projeto com um túnel magnético e um ânodo que é

completamente circundado pelo cátodo.

[005] O depósito das camadas eletricamente isoladas por meio do depósito de vapor por centelha catódica já é conhecido, por exemplo, US 5.518.597 descreve a produção de tais camadas usando um processo reativo. Nesse caso, as superfícies a serem revestidas são dispostas fora de uma ligação óptica na superfície alvo ativa, que nesse caso é usada de modo sinônimo com a superfície de depósito do vapor do cátodo. Depois do bombeamento, a pressão do processo é ajustada usando gás inerte. Durante o processo de revestimento, o oxigênio é introduzido na proximidade imediata da superfície a ser revestida, para ser preciso somente em uma taxa tal que ele é consumido durante a operação e uma pressão estável pode ser mantida. Isso coincide com a visão conhecida de outros documentos da técnica anterior também, que a introdução do gás reativo na proximidade do substrato é importante para reduzir a oxidação do alvo e para estabilizar a descarga da centelha. Como uma medida adicional de modo a evitar as interrupções do processo resultantes de uma formação indesejável de camadas isolantes no ânodo, o ânodo é preferivelmente mantido em uma temperatura de aproximadamente 1200°C em US 5.518.597, e deve ser fabricado de metal refratário dispendioso, isto quer dizer oneroso.

[006] Todos esses métodos têm o aspecto comum que medidas especiais devem ser adotadas quando usando gases reativos que reagem rapidamente com o material ou materiais sendo vaporizados formando uma camada isolante, de modo, por um lado, a não contaminar a superfície ativa do alvo ou do ânodo, enquanto por outro lado, evitando a formação de gotículas indesejáveis. Além do aquecimento do ânodo e do suprimento e da medição precisa do gás reativo na proximidade imediata da superfície a ser revestida que foram mencionados, medidas tal como essas incluem a diluição do gás reativo com

uma alta proporção do gás inerte.

[007] Nesse caso, cuidado particular deve ser tomado para garantir que a superfície do alvo fique metalicamente exposta, ou que sua condutividade corresponda pelo menos com essa de um semicondutor. Os gradientes de temperatura positivos dos semicondutores na área do local do arco resultam reconhecidamente em condutividade suficientemente boa de modo a permitir que a centelha queime, mas a tendência maior associada com essa da centelha queimar continuamente leva normalmente à maior formação de respingo do que no caso de superfícies alvo metalicamente condutoras. Uma faixa de opções relacionadas com isso é também conhecida da técnica anterior. Por exemplo, como mencionado acima, as fontes podem ser dispostas fora da linha de conexão ótica na superfície alvo, embora isso restrinja drasticamente o rendimento do material alvo e a taxa de revestimento. Campos magnéticos podem ser aplicados adicionalmente ou por conta própria, guiando somente o componente de vapor ionizado para as superfícies a serem revestidas, enquanto gotículas eletricamente neutras ficam presas nas superfícies de colisão. Exemplos disso são filtros magnéticos curvados, lentes magnéticas e similares.

[008] Uma maneira adicional para reduzir o respingo é interromper brevemente o suprimento de corrente, com as centelhas sendo reacendidas, por exemplo, controladas por meio de um feixe de laser, em um ponto diferente em cada caso na superfície alvo ativa. Esse método é usado em particular no campo do depósito de centelha catódica do carbono, embora ele também seja usado para ligas compostas de metal.

[009] Todas essas medidas, bem como as combinações dessas medidas que são da mesma forma conhecidas, têm o aspecto comum de complexidade técnica adicional considerável e/ou uma redução majoritária na taxa de revestimento. Entretanto, se um revestimento iso-

lante é formado na superfície alvo, então ainda não foi possível atingir um processo estável, mesmo com as medidas mencionadas acima.

Descrição da Invenção

[0010] Um objetivo da presente invenção é prover, portanto, um método por meio do qual é também possível produzir camadas isolantes usando fontes de arco elétrico convencionais, sem quaisquer medidas adicionais complexas e nas condições de processo estável.

[0011] Esse objetivo é atingido por um método de acordo com as reivindicações 1, 8 e 9 com uma fonte de arco elétrico de acordo com as reivindicações 34, 43 e 45. Modalidades inventivas adicionais são descritas nas reivindicações dependentes, que podem ser usadas individualmente ou podem ser combinadas, onde isso é tecnicamente conveniente.

[0012] De maneira surpreendente, foi possível mostrar que um processo de arco elétrico estável pode ser realizado por uma aplicação simultânea de uma corrente contínua no qual uma corrente pulsada ou corrente alternada é sobreposta, mesmo se a superfície alvo é pelo menos parcialmente coberta por um revestimento isolante.

[0013] Por meio de exemplo, foi possível operar um alvo de alumínio por várias horas em uma atmosfera de oxigênio puro sem quaisquer medidas adicionais. Durante esse processo, uma elevação foi observada na tensão no alvo, porém essa elevação estabilizou dentro de minutos e não levou à interrupção ou à instabilidade do processo de arco elétrico. A camada do óxido de alumínio que é depositada durante esse processo em um substrato posicionado diretamente em frente do alvo exibiu uma redução considerável completamente inesperada nas falhas de superfície causadas pelas gotículas aderentes, em comparação com uma camada de alumínio metálica depositada nas mesmas condições. Resultados similares foram também atingidos pela operação de alvos de cromo ou titânio, e alvos metálicos compos-

tos desses materiais com um alto conteúdo de silício, até mesmo acima de 50%, em uma atmosfera de oxigênio puro ou nitrogênio puro. Em todos os casos, o alvo pôde reacender sem quaisquer problemas em uma atmosfera de gás reativo, depois que um revestimento isolante completo foi formado na superfície, mesmo seguinte a interrupções do processo e pôde ser operado com formação reduzida de gotícula. Nesse modo pulsado, a operação em uma atmosfera de gás reativo puro e com o revestimento da superfície alvo pelo gás reativo ou sua reação com a superfície alvo, levaram a melhor qualidade de camada com formação reduzida de gotícula.

[0014] Em comparação com a operação dos alvos sem um revestimento isolante, foi verificado que a proporção do gás reativo deve ser escolhida para ser pelo menos suficientemente alta que a tensão da fonte aumenta por pelo menos 10%, mais preferivelmente por pelo menos 20% em comparação com a operação sem um revestimento isolante. A elevação na tensão da fonte é fundamentalmente dependente do gás reativo e do material alvo usado. Quanto mais altas as características de isolamento do composto ou compostos produzidos do material alvo e do gás reativo na superfície alvo, maior a diferença na tensão da fonte normalmente se torna, mesmo se não é diretamente possível produzir uma relação matemática direta nesse caso graças aos numerosos padrões de reação e restrições específicos da superfície e específicos do material.

[0015] Nesse caso, os gases seguintes são adequados, por meio de exemplo, como gases reativos: oxigênio, acetileno de nitrogênio, metano, silanos tal como tetrametilsilano, trimetilalumínio, diborano ou, em princípio, todos os gases contendo oxigênio, nitrogênio, silício, boro ou carbono. Esse método é particularmente adequado para processos com altos fluxos de gás reativo, no qual a proporção do gás reativo é escolhida para ser maior do que essa do gás inerte, por exemplo, ser

maior do que 70% e em particular maior do que 90%. Entretanto, como mencionado acima, processos podem também ser vantajosamente executados em uma atmosfera pura, quer dizer uma atmosfera contendo 100% de gás reativo.

[0016] Em princípio, nesse caso, o material alvo pode ser qualquer material que forma revestimentos isolantes correspondentes, por exemplo, composto de óxido, nitreto, boreto, silicieto, carbeto ou uma mistura dos compostos mencionados com os gases acima mencionados na superfície de um alvo operado como descrito acima. Entretanto, os materiais seguintes são particularmente adequados para a produção de camadas duras, camadas de barreira e camadas decorativas: metais de transição do IV°, V°, VI° grupo na t abela periódica ou alumínio, boro, carbono ou silício, ou uma liga ou composto dos materiais acima mencionados, tais como TiAl, CrAl, TiAlCr, TiSi, TaSi, NbSi, CrSi, WC. Entretanto, esse método pode também ser usado para depósito de vapor mais simples de materiais puros com altos pontos de fusão tais como tungstênio, tântalo, nióbio e molibdênio.

[0017] De modo a reduzir o respingo mais, particularmente quando um alvo é operado em uma atmosfera contendo oxigênio, pode ser vantajoso como descrito em US 6.602.390 que o material alvo seja composto de uma única fase cristalográfica.

[0018] Uma vantagem adicional da operação simultânea de uma fonte de arco elétrico com uma corrente contínua e com uma corrente pulsada ou corrente alternada é obtida quando revestindo peças sensíveis à temperatura, tais como aço endurecido, ligas de precipitação em uma base de bronze e de latão, ligas de alumínio-magnésio, plásticos e outros. Quando uma ou mais fontes de arco elétrico são operadas com corrente contínua na proximidade da corrente de conservação, que é a menor corrente na qual a operação estável de uma fonte de arco elétrico eletricamente condutora é ainda possível com um su-

primento de força DC simples, a carga de temperatura nas peças a serem revestidas é admitidamente baixa, porém a taxa de revestimento é, ao mesmo tempo, insatisfatória para aplicações industriais. O valor da corrente de conservação ou da força de conservação é, nesse caso, dependente do material alvo, da natureza da fonte do arco elétrico e da operação da descarga, por exemplo, se essa é operada em um vácuo com ou sem a adição dos gases inertes ou reativos. A condutividade adequada para garantir a operação estável em correntes baixas é provida, por exemplo, por superfícies metalicamente expostas e por compostos tais como WC ou CrN. Alvos de grafite ou silício nesse caso formam um caso limite, desde que, por um lado, sua condutividade é admitidamente ainda adequada para eles serem depositados com vapor por meio de um arco elétrico DC, porém por outro lado, eles exibem uma tendência severa a queima de uma centelha localmente, assim levando a flutuações do plasma e formação rigorosa de gotícula por qual razão, por exemplo, alvos de grafite são, hoje em dia, preferivelmente operados em uma forma pulsada.

[0019] Se, em contraste, uma fonte é operada na proximidade de uma corrente de conservação DC e uma corrente pulsada é sobreposta nela ao mesmo tempo, foi surpreendentemente verificado ser possível não somente aumentar consideravelmente a taxa, mas também manter a carga de temperatura baixa em comparação com o revestimento DC em uma taxa comparável. O componente DC é, nesse caso, vantajosamente ajustado para entre 100 e 300%, de preferência entre 100 e 200%, da corrente de conservação, ou da força de conservação.

[0020] No caso das fontes como descrito em mais detalhes abaixo, uma porcentagem da corrente de conservação tal como essa corresponde com um componente DC do fluxo de corrente em uma faixa entre 30 e 90 A, preferivelmente entre 30 e 60 A. Nesse caso, em princípio, a fonte do arco elétrico pode ser operada sem o gás do processo,

mas preferivelmente com um gás de processo que contém somente gás reativo, somente gás inerte ou uma mistura de gás reativo e gás inerte.

[0021] Nesse caso, em princípio, todos os materiais condutores e semicondutores podem ser usados como o material alvo, mas preferivelmente esses como mencionados acima.

[0022] Nesse caso, os vários componentes de corrente podem ser aplicados e produzidos em uma maneira conhecida. Por exemplo, o componente de corrente contínua pode ser produzido por um gerador de corrente contínua, e o componente de corrente pulsada ou alternada pode ser produzido por um gerador de corrente pulsada ou alternada, com os dois geradores sendo conectados em paralelo ou em série entre a fonte do arco elétrico e pelo menos um ânodo ou terra.

[0023] Uma outra opção é produzir os componentes de corrente contínua e corrente pulsada por meio de geradores de corrente pulsada ou alternada que são da mesma maneira alternados e são operados em uma forma sobreposta e sincronizada. Além do mais e finalmente, também é possível produzir os componentes de corrente contínua e corrente pulsada por meio de um único gerador de corrente, que é cronometrado no secundário ou primário.

[0024] Um procedimento tal como esse é de interesse particular para aplicações industriais quando, por exemplo, peças que são submetidas a exigências particulares com relação à resistência ao desgaste e peças cujas superfícies são planejadas para ter características isolantes ou decorativas, precisam ser revestidas. Exemplos de camada para as quais métodos tais como esses são particularmente adequados são óxido de alumínio, nitreto de alumínio, oxinitreto de alumínio, óxido de cromo, nitreto de cromo, oxinitreto de cromo, óxido de alumínio cromo, nitreto de alumínio cromo, oxinitreto de aluminiocromo, oxicarbonitreto de aluminiocromo, óxido de silício, oxinitreto de

silício nitreto de silício, óxido de alumínio silício, nitreto de alumínio silício, oxinitreto de alumínio silício, nitreto de silício titânio, oxinitreto de silício titânio, nitreto de silício tântalo, óxido de tântalo, oxinitreto de tântalo, nitreto de silício tungstênio, nitreto de silício nióbio, carbeto de titânio, carbeto de tungstênio, carbeto de silício tungstênio ou uma liga ou composto dos materiais acima mencionados.

[0025] Os materiais mencionados podem ser depositados como uma camada única ou como uma seqüência de duas ou mais camadas com composição elementar, estequiometria e alinhamento cristalográfico variados, em cujo caso a espessura da camada do elemento da camada individual pode ser ajustada como exigido entre uns poucos nanômetros e vários micrômetros. Além disso, como aqueles versados na técnica podem estar cientes, camadas de adesão metálicas ou nítricas ou camadas de união compostas de compostos diferentes que, por exemplo, permitem uma transição graduada do material do substrato da peça para o material da camada podem também ser depositadas, por exemplo, antes das camadas mencionadas acima. Camadas de adesão conhecidas são, por exemplo, Cr, Ti, CrN ou TiN. Camadas de união são listadas no exemplo 1.

[0026] Além disso, nos métodos tal como esses, uma polarização de corrente DC, pulsada ou alternada pode ser vantajosamente aplicada, e, se exigido, ser sincronizada com o gerador de corrente pulsada ou alternada da fonte.

[0027] Nesse caso, mudanças na composição da camada e, portanto, sistemas de duas camadas ou múltiplas camadas com um perfil graduado ou escalonado, como exigido, da composição da camada podem ser depositados em uma maneira conhecida por uma adição alternada de pelo menos um gás inerte e pelo menos um gás reativo, ou por uma adição alternada de pelo menos dois gases reativos, em ângulos retos à superfície da peça. Uma pluralidade de fontes com um

material alvo idêntico ou diferente pode ser usada para essa finalidade.

[0028] Um método como descrito acima pode ser usado em uma maneira similarmente vantajosa para operar uma fonte de arco elétrico quando uma fonte é usada para gravar a água-forte as superfícies da peça desde que, nesse caso, a superfície é revestida até uma extensão consideravelmente menor com gotículas do que é o caso com superfícies alvo metálicas. Nesse caso, uma polarização de corrente DC, pulsada ou alternada é também aplicada nas peças, embora isso seja, de forma geral, consideravelmente maior do que a polarização aplicada durante o revestimento. Por exemplo, tensões de substrato entre -50 e -2000 V, preferivelmente entre -200 e -1500 V podem ser ajustadas nesse caso. De modo a aumentar a erosão da gravura a água-forte, um gás de gravura a água-forte pode ser adicionalmente introduzido, contendo os seguintes componentes por meio de exemplo, hélio, argônio, criptônio, oxigênio, nitrogênio, hidrogênio, halogênio (por exemplo, cloro, flúor, bromo, iodo) ou um composto contendo halogênio.

[0029] Em todos os métodos mencionados acima, a taxa de revestimento e a energia introduzida na peça podem ser adaptadas ou reguladas ajustando a largura do pulso, o pulso da corrente, a magnitude do pulso da corrente ou pela razão ativa ou por uma combinação desses parâmetros. Uma opção adicional é aumentar a corrente da fonte DC, embora, por exemplo, isso não seja muito adequado para processos de baixa temperatura.

[0030] Peças que são adequadas para um método de revestimento ou gravura a água-forte tal como esse incluem, em particular, ferramenta e componentes compostos de aços e metais de construção tais como cobre e bronzes de chumbo, latão e ligas especiais tais como ligas de alumínio-magnésio, metais duros, materiais cerâmicos tal co-

mo boronitreto, em particular CBN, compostos de cermet e peças correspondentes que tenham sido pelo menos parcialmente providas com diamante ou superfícies cerâmicas.

[0031] Um campo de aplicação adicional para métodos tal como esses é o revestimento de peças compostas de silício ou outros materiais semicondutores.

[0032] Foi verificado que o revestimento no modo de pulso descrito é também adequado para isolar substratos para os quais nenhuma polarização do substrato DC ou polarização do substrato pulsado DC em freqüências relativamente baixas ou médias é conveniente.

[0033] Resumido na forma de palavras chave, um método como descrito acima pode ser usado para realizar os seguintes efeitos vantajosos adicionais:

1. Um processo estável para a produção de camadas isolantes por meio de depósito de vapor por centelha sem qualquer respingo sendo formado evitando a oxidação completa/reação da camada.

2. Pela primeira vez, é possível trabalhar com um alvo de centelha completamente contaminado. A reatividade, quer dizer, o componente reativo disponível, por exemplo, oxigênio quando depositando óxido de alumínio, pode ser aumentada trabalhando no modo completamente contaminado ou em uma atmosfera de gás reativo pura, assim atingindo maior crescimento da camada.

3. Nem o estágio local ou de pressão na separação do alvo e área de reação nem a separação complexa do respingo e vapor de ionização é necessário.

4. A orientação da centelha pode ser executada sem qualquer auxílio do campo magnético adicional.

5. A quantidade e o tamanho do respingo são reduzidos mesmo com um alvo contaminado.

6. A operação pulsada modulada torna possível trabalhar com correntes maiores, assim levando à maior ionização enquanto a carga térmica no alvo permanece a mesma ou é até mesmo reduzida.

7. Carbono e materiais semicondutores podem ser depositados com vapor, eficazmente sem qualquer respingo, sem reacendimento e orientação complexa da centelha.

8. Remoção mais uniforme das superfícies alvo condutoras, semicondutoras e não condutoras.

9. Divisão mais fina da centelha, quer dizer, um número grande de pequenos locais de arco elétrico correndo rapidamente sobre a superfície.

10. Ionização maior é atingida pelo uso de pulsos de corrente alta e pelo aumento na corrente do substrato associada com isso.

11. O controle do processo para depósito de vapor de centelha reativa é independente do revestimento alvo por camadas isolantes ou semicondutoras. Isso permite que os gases reativos sejam misturados e permite o uso de rampas para processos reativos, com isso sendo vantajoso não somente para a camada intermediária, mas também para a camada funcional.

12. Um aumento na estabilidade do processo e uma janela de processo mais ampla.

13. O uso de suprimentos de força elétrica conhecidos que permite uma ampla faixa de especificações para a corrente e a tensão (combinações econômicas versáteis possíveis, por exemplo, um suprimento de força DC de baixo custo para a carga básica).

14. A invenção garante que o plasma não é interrompido e assim que não existe mais qualquer necessidade de reacendimento repetido ou periódico por meio da técnica complexa exigida para essa finalidade.

15. O método pode ser combinado com fontes de plasma adicionais; nesse contexto, deve ser feita referência em particular a excitação adicional por meio de um arco elétrico de baixa tensão operado ao mesmo tempo, assim resultando em um aumento adicional na reatividade no caso do depósito da camada sobre o substrato.

Abordagens para Execução da Invenção

[0034] O texto seguinte descreve um procedimento típico para um método de revestimento de acordo com a invenção com um processo de revestimento por centelha reativa. Óxido de alumínio foi depositado em várias peças dessa maneira usando uma instalação de revestimento industrial do tipo RCS de Balzers Company, por exemplo, como descrito em EP 1 186 681 nas figuras 3 a 6 e coluna 7, linha 18 até a coluna 9, linha 25 da descrição, com base no exemplo descrito em detalhes no texto seguinte.

[0035] Além do processo de revestimento real, etapas de processo adicionais que se referem ao tratamento anterior e subsequente dos substratos também serão descritas brevemente, quando necessário. Muitas dessas etapas, tal como a limpeza dos substratos, que é executada diferentemente dependendo do material e do tratamento anterior, como conhecido para aqueles versados na técnica, podem variar amplamente, enquanto algumas podem também ser omitidas, reduzidas, estendidas ou combinadas em alguma outra maneira em certas circunstâncias.

Exemplo 1

[0036] Depois que as peças foram inseridas em suportes que podem ser girados duas ou três vezes e são providos para essa finalidade, e os suportes foram introduzidos na instalação de tratamento a vácuo, a câmara de tratamento é bombeada para uma pressão de aproximadamente 10^{-2} Pa (10^{-4} mbar).

[0037] De modo a ajustar a temperatura do processo, um plasma

de arco elétrico de baixa tensão (NVB), auxiliado pelo aquecimento da radiação, foi aceso entre uma câmara de cátodo, separada por um obturador e tendo um cátodo quente, e as peças conectadas de maneira anódica em uma atmosfera de argônio/hidrogênio.

[0038] Os parâmetros de aquecimento seguintes foram ajustados nesse caso:

Descarga: LVA	150 A
Fluxo de argônio	50 sccm
Fluxo de hidrogênio	300 sccm
Pressão do processo	1,4 Pa ($1,4 \times 10^{-2}$ mbar)
Temperatura do substrato	aproximadamente 500°C
Tempo do processo	45 minutos

[0039] Aqueles versados na técnica serão familiarizados com as alternativas a isso. Os substratos eram nesse caso, preferivelmente conectados como um ânodo para o arco elétrico de baixa tensão, e eram de preferência adicionalmente pulsados em uma base unipolar ou bipolar.

[0040] A gravura a água-forte é iniciada como a próxima etapa do processo. Para essa finalidade, o arco elétrico de baixa tensão é acendido entre o filamento e o ânodo auxiliar. Nesse caso também, suprimento DC, um suprimento DC pulsado ou um suprimento MF ou RF operando com corrente alternada pode ser conectado entre as peças e o terra. Entretanto, as peças preferivelmente tinham uma voltagem de polarização negativa aplicada nelas.

[0041] Os seguintes parâmetros de gravura a água-forte foram ajustados nesse caso:

Fluxo de argônio	60 sccm
Pressão do processo	0,24 Pa ($2,4 \times 10^{-3}$ mbar)
Descarga: LVA	150 A
Temperatura do substrato	aproximadamente 500°C

Tempo do processo 30 minutos

[0042] De modo a garantir a estabilidade da descarga do arco elétrico de baixa tensão durante a produção das camadas isolantes, ou um ânodo auxiliar condutor quente é usado ou um suprimento de alta corrente pulsada é conectado entre o ânodo auxiliar e o terra, para todas as etapas de processo auxiliadas por LVA.

[0043] De modo a aumentar a resistência da adesão, a camada de CrN com a espessura de aproximadamente 300 nanômetros é aplicada pelo depósito de vapor com centelha, e pode ser auxiliada, se exigido, por ionização adicional pelo plasma do arco elétrico de baixa tensão também.

[0044] Nesse caso, os seguintes parâmetros de camada intermediária foram ajustados:

Fluxo de argônio	80 sccm
Fluxo de nitrogênio	200 sccm
Pressão do processo	0,8 Pa (8×10^{-3} mbar)
Corrente de fonte DC Cr	140 A
Polarização do substrato	de -100V a -40V bipolar 36

μ s negativo e 4 μ s de polarização positiva

Temperatura do substrato	aproximadamente 500°C
Tempo de processo	10 minutos

[0045] Para a transferência para a camada funcional real, durando aproximadamente 5 minutos, as fontes do arco elétrico de alumínio tinham corrente de fonte DC de 60 A aplicada nelas, com o pólo positivo da fonte DC sendo conectado no anel do ânodo e terra. Além disso, pulsos DC unipolares são sobrepostos de um segundo suprimento de força elétrica conectado em paralelo, que é operado em 50 kHz. No presente exemplo, uma razão ativa simétrica compreendendo pulsos de 10 μ s e pausas de 10 μ s foi usada, com correntes de até 150 A sendo geradas nos pulsos. Isso foi seguido pela introdução do oxigê-

nio em 300 sccm, para ser preciso usando os parâmetros listados na tabela.

[0046] Depois que os alvos de alumínio foram iniciados e o fluxo de oxigênio foi estabelecido, a corrente de fonte no alvo de Cr é reduzida para zero em aproximadamente 10 minutos por meio de uma rampa, e o fluxo de nitrogênio é reduzido ao mesmo tempo. O fluxo de argônio é então reduzido para zero.

[0047] Os substratos são revestidos com a camada funcional real no gás reativo puro (nesse caso oxigênio). Desde que o óxido de alumínio resulta em camadas isolantes, um suprimento de polarização pulsado ou AC é usado.

[0048] Os parâmetros da camada funcional principais foram nesse caso ajustados como segue:

Fluxo de oxigênio	300 sccm
Pressão do processo	0,9 Pa (9×10^{-3} mbar)
Fonte DC: Al	60 A
Fonte da corrente pulsada: Al	150 A, 50 kHz, pulso de 10 μ s/pausa de 10 μ s
Polarização do substrato	permanece em -40V DC pulsado ou AC (50-350 kHz em cada caso)
Temperatura do substrato	aproximadamente 500°C
Tempo de processo	60 a 120 minutos, experimentos individuais em 360 min

[0049] O processo de revestimento pode também ser executado simultaneamente usando um arco elétrico de baixa tensão que foi aceso. Isso resulta em maior reatividade. Além do mais, o uso simultâneo do arco elétrico de baixa tensão durante o processo de revestimento também tem a vantagem que o componente DC das fontes pode ser reduzido mais dependendo da magnitude da corrente de LVA. O processo de revestimento executado dessa maneira é estável através de

várias horas. O alvo é coberto com uma camada de óxido lisa fina. A centelha se propaga mais suavemente do que no caso da operação sem um sinal pulsado adicional, e é dividida em uma pluralidade de centelhas menores. A quantidade de respingo é consideravelmente reduzida.

[0050] Fontes de arco elétrico de Balzers Company com um diâmetro alvo de 160 mm e uma espessura de 6 mm, e com um sistema de magneto MAG 6 padrão, foram usadas como fontes de arco elétrico para a camada de adesão da mesma maneira como para a camada funcional. Em princípio, entretanto, qualquer fonte conhecida pode ser usada para um processo tal como esse, contanto que uma unidade de suprimento de força elétrica apropriada esteja conectada.

[0051] O processo descrito é a versão preferida desde que esse evita exigências difíceis para o suprimento de força elétrica pulsada. Um suprimento DC produz a corrente mínima ou a corrente de conservação para as centelhas e o suprimento de alta corrente pulsado é usado para evitar respingos.

[0052] Exemplos adicionais para os parâmetros de depósito das camadas funcionais são descritos em mais detalhes na tabela 1. Essencialmente as mesmas etapas de limpeza, aquecimento e gravura a água-forte foram executadas antes de tudo, e uma camada intermediária composta de CrN ou TiN foi depositada em uma maneira correspondendo com o exemplo 1. As camadas funcionais compostas de óxido de alumínio, nitreto de alumínio, óxido de cromo, nitreto de cromo, óxido de titânio e nitreto de titânio foram então produzidas, de acordo com os detalhes na tabela.

[0053] Uma camada puramente metálica foi depositada nos exemplos 2 e 8 de modo a comparar a influência da tensão de fonte pela cobertura com um revestimento isolante. Nesse caso, foi verificado que o revestimento com camadas óxidas altamente isolantes resulta

em particular em uma elevação principal no componente DC da tensão da fonte. Nesse caso, a elevação da tensão relativa mesmo para adições relativamente pequenas do gás reativo contendo oxigênio fica entre aproximadamente 20 e 50% do valor da fonte metalicamente exposta operada no gás inerte puro. Mesmo o uso de nitrogênio resulta em uma elevação na tensão da fonte, embora seus valores sejam menores, por exemplo, entre aproximadamente 10 e um máximo de 30%. Em todos os casos, a aplicação simultânea de uma tensão pulsada admitidamente leva a uma redução minoritária na tensão da fonte DC em comparação com a operação puramente DC, porém o estado de tensão menor original de uma fonte metalicamente exposta, entretanto, nunca é alcançado novamente.

[0054] A faixa de frequência preferida para a operação da fonte do arco elétrico fica entre 5 e 50 kHz. Se requerido, entretanto, a fonte pode também ser operada em frequências menores descendentes até cerca de 0,5 kHz ou em altas frequências até 1 MHz. Em frequências até mesmo menores, a operação para o depósito das camadas isolantes se torna instável, enquanto em frequências mais altas os custos do gerador se elevam para um nível extremo.

[0055] Se camadas de união adicionais são desejáveis ou necessárias, então essas podem ser aplicadas ao invés das camadas de CrN ou outras de adesão ou entre a camada de adesão e a camada funcional. Exemplos disso, que podem ser vantajosos além desses já mencionados também para o depósito das camadas de cobertura óxidas, são oxicarbeto de titânio e cromo, bem como oxinitretos, oxissilicetos, nitretos de oxissilício e nitretos de silício de alumínio, cromo, titânio, tântalo, nióbio e zircônio.

[0056] Apesar da excelente resistência de adesão da adesão e camadas de união produzidas por meio do depósito de vapor por centelha catódica, isso pode também ser realizado, como é conhecido pa-

ra aqueles versados na técnica, por meio de outras técnicas de revestimento tais como CVD, PECVD, lançamento ou pelo depósito de vapor por meio de arcos elétricos de baixa tensão de um cadinho conectado de maneira anódica. Nesse caso, em princípio, qualquer combinação de várias técnicas é possível, porém processos auxiliados por plasma, que garantem alta ionização, são preferidos por causa da melhor adesão que pode ser obtida dessa maneira.

Breve Descrição dos Desenhos

A invenção será explicada em mais detalhes no texto seguinte com referência às figuras que ilustram somente várias modalidades exemplares, e nas quais:

Figura 1 mostra uma instalação de tratamento a vácuo com uma fonte de arco elétrico

Figura 2 mostra um suprimento de corrente DC e pulsada conectado em paralelo

Figura 3 mostra superfícies alvo

Figura 4 mostra dois suprimentos de corrente pulsada conectados em paralelo

Figura 5 mostra uma disposição com múltiplos ânodos

Figura 6 mostra suprimentos de força elétrica conectados em série

Figura 7 mostra suprimentos de força elétrica conectados com um curto-circuito

Figura 8 mostra um suprimento de força elétrica cronometrado secundário

Figura 9 mostra um suprimento de força elétrica cronometrado primário

[0057] A instalação de tratamento a vácuo 1 ilustrada na figura 1 mostra, comparativamente, uma disposição conhecida da técnica anterior para a operação de uma fonte de arco elétrico com um suprimento

de força DC 13. A instalação 1 é equipada com uma plataforma de bomba 2 para criar o vácuo, suportes de substrato 3 para manter e fazer o contato elétrico com as peças, que não são ilustradas em qualquer detalhe a mais aqui, bem como um suprimento de corrente de polarização 4, para aplicar uma assim chamada tensão de substrato nas peças. A última pode ser DC ou AC ou um suprimento de tensão de substrato bipolar ou unipolar. Gás inerte ou gás reativo pode ser introduzido através de uma entrada de gás no processo 11, de modo a controlar a pressão do processo e a composição do gás na câmara de tratamento.

[0058] Os componentes da própria fonte de arco elétrico são um alvo 5 com uma placa de resfriamento 12 localizada atrás dele, uma ponta de ignição 7 e um ânodo 6 que compreende o alvo. Uma chave 14 pode ser usada para selecionar entre a operação flutuante do ânodo e do pólo positivo do suprimento de força elétrica 13 e a operação com um potencial definido de zero ou de terra.

[0059] Aspectos opcionais adicionais da instalação de tratamento a vácuo 1 são uma fonte de plasma adicional 9, nesse caso uma fonte para a produção de LVA com um cátodo quente, com uma entrada de gás inerte 8, um ânodo auxiliar 10 e um suprimento de força elétrica adicional, que não serão descritos em mais detalhes aqui, para a operação do arco elétrico de baixa tensão entre a fonte de plasma 9 e o ânodo auxiliar 10 e, se requerido, bobinas 17 para focalização magnética do plasma de arco elétrico de baixa tensão.

[0060] A figura 2 mostra uma fonte de arco elétrico que é operada com dois suprimentos de força elétrica conectados em paralelo, especificamente um suprimento de força DC 13' e um suprimento de alta corrente pulsada 18, de modo a sobrepor um sinal de pulso unipolar ou bipolar na corrente contínua. Esse conjunto de circuito permite a operação estável de um processo de depósito de vapor por centelha

reativa mesmo para camadas isolantes para as quais, através do decorrer do tempo, o interior da instalação 1, o ânodo auxiliar 10 e os suportes do substrato 3 são cheios com substratos com uma camada isolante.

[0061] Se, para finalidades comparativas, um alvo 5 composto de alumínio puro é operado em uma atmosfera contendo argônio e oxigênio, apenas com um suprimento de força DC 13 como mostrado na figura 1, instabilidades de processo ocorrerão mesmo depois de apenas uns poucos minutos, levando ao término do processo com um alto fluxo de oxigênio. No processo, um revestimento será produzido como mostrado na figura 3a no alvo 5, com grandes ilhas com um tamanho de vários milímetros e compostas de material isolante. As camadas depositadas nas superfícies da peça serão muito ásperas e não proveerão o isolamento completo, desde que isso obviamente não resulta em uma reação contínua da grande quantidade de respingo metálico. Se, em contraste, um alvo 5 é operado em uma atmosfera contendo oxigênio em condições que são de outra maneira as mesmas, com um método de acordo com a invenção como na figura 2, uma superfície de óxido de alumínio que provê isolamento mas é completamente uniforme será formada, como mostrado na figura 3b. O processo pode ser executado através de um período de horas, pode ser interrompido e pode ser reassumido com um alvo que foi contaminado dessa maneira. Ao mesmo tempo, isso leva a uma redução considerável no respingo na superfície da peça.

[0062] Opções adicionais e disposições para a operação de pulso modulado de uma fonte de arco elétrico serão descritas no texto seguinte. A figura 4 mostra dois suprimentos de força DC 18' e 18" conectados em paralelo, que são pulsados em uma forma sincronizada preferida. Por meio de exemplo, essa disposição tem uma série de vantagens quando operada na forma unipolar. Por exemplo, quando

operada com a mesma largura de pulso, o tempo entre dois pulsos pode ser escolhido para ser muito curto, assim tornando possível ajustar uma razão ativa correspondentemente alta e uma duração de ciclo muito curta. A capacidade associada com isso de limitar o suprimento de energia por pulso, por exemplo, também como apropriado para esse material alvo específico, torna possível evitar muito eficazmente a queima permanente da centelha, e a formação de respingo é também neutralizada.

[0063] Entretanto, mesmo quando operado em uma forma unipolar com as larguras do pulso diferentes e freqüências diferentes ou as mesmas freqüências, tal operação permite que as fases de ciclo individuais sejam ajustadas particularmente bem, e, portanto, permite um controle muito bom da taxa de revestimento. Em princípio, suprimentos de força DC pulsados podem também ser substituídos por suprimentos melhores de corrente alternada. Entretanto, nesse caso, é mais difícil, por exemplo, obter sinais de uma forma específica e com um gradiente de borda específico.

[0064] Ao mesmo tempo, como é mostrado na figura 5, o conceito de dois suprimentos de força elétrica 19,19" de maneira particularmente vantajosa permite que uma pluralidade de ânodos 20,20' seja posicionada para obter uma melhor distribuição do plasma na camada de revestimento. Isso permite que os elétrons sejam guiados de maneira melhor, assim tornando possível aumentar a densidade do plasma e a reatividade do processo.

[0065] A figura 6 mostra uma fonte de arco elétrico que é alimentada por dois suprimentos de força elétrica conectados em série 19',19", pelo menos um dos quais é um suprimento pulsado ou AC. Essa disposição permite que o controle da taxa para a fonte do arco elétrico seja adaptado particularmente de maneira fácil.

[0066] As modalidades exemplares adicionais se referem aos su-

primentos de força elétrica nos quais a corrente pulsada ou o componente da corrente contínua é produzido por meio de tecnologia de suprimento de força do modo alternado. No caso de suprimentos de força elétrica tal como esses, a ondulação, que é de outra maneira indesejável, do sinal DC resultante pode ser amplificada em uma tal maneira que um sinal que está de acordo com as exigências descritas acima é produzido na saída do suprimento de força elétrica. Por exemplo, como é ilustrado esquematicamente na figura 7, um suprimento de força elétrica cronometrado secundário pode ser usado, nesse caso, como um conversor elevador 21, ou, como é ilustrado na figura 8, um suprimento de força elétrica que é da mesma maneira cronometrado secundário pode ser usado como um conversor redutor 21'. Em contraste, a figura 9 mostra um suprimento de força elétrica cronometrado primário 22 para produzir o sinal desejado.

[0067] De todos os suprimentos usando tecnologia de suprimento de força do modo alternado, o suprimento ilustrado na figura 8 é esse que pode ser executado com a menor complexidade técnica, e que é, portanto, usado por preferência.

Listagem dos símbolos de referência

- 1 instalação de tratamento a vácuo
- 2 plataforma da bomba
- 3 suporte do substrato
- 4 suprimento de corrente de polarização
- 5 alvo
- 6 ânodo
- 7 ponta de ignição
- 8 entrada do gás inerte
- 9 fonte de plasma
- 10 ânodo auxiliar
- 11 entrada do gás do processo

- 12 placa de resfriamento
- 13,13' suprimento de força elétrica DC
- 14 chave
- 17 bobinas do magneto
- 18,18',18" suprimento de corrente pulsada
- 19,19',19" suprimento de força elétrica
- 20,20' ânodo
- 21 conversor elevador
- 21' conversor redutor
- 22 suprimento de força elétrica cronometrado primário

REIVINDICAÇÕES

1. Método para a operação de uma fonte de arco elétrico, no qual uma descarga de centelha elétrica dentro de uma atmosfera que contém gás reativo é queimada ou operada em uma superfície de um alvo, com a descarga da centelha sendo alimentada ao mesmo tempo com uma corrente contínua e com uma corrente pulsada ou alternada, **caracterizado pelo** fato de que a superfície do alvo é pelo menos parcialmente coberta por um revestimento isolante, o qual é formado por uma reação entre o gás reativo e o material gaseificado do alvo, sendo que pelo um revestimento isolante resulta em um aumento no componente DC da tensão da fonte por pelo menos 10%, de preferência por pelo menos 20%, em comparação com a operação com uma superfície sem um revestimento isolante.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a atmosfera contendo gás reativo compreende pelo menos um dos seguintes componentes, um gás contendo oxigênio, nitrogênio, silício, boro ou carbono, em particular oxigênio, nitrogênio, acetileno, metano, silano, tetrametilsilano, tetrametilalumínio, diborano.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a proporção de gás reativo é maior do que essa do gás inerte, de preferência maior do que 70%, além do mais preferivelmente maior do que 90% ou aproximadamente 100%.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o material alvo compreende pelo menos um dos seguintes materiais: um metal de transição do IVº, Vº, VIº grupo na tabela periódica ou alumínio, boro, carbono ou silício, ou uma liga ou composto dos materiais acima mencionados, tais como TiAl, CrAl, TiAlCr, TiSi, TaSi, CrSi, WC.

5. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o revestimento isolante é composto de um óxido, ni-

treto, boreto, silicieto, carbeto do material alvo ou de uma mistura dos compostos do material alvo mencionado.

6. Método para a operação de uma fonte de arco elétrico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o componente DC do fluxo da corrente é ajustado em uma faixa entre 100% a 300% de uma corrente de conservação, de preferência entre 100 e 200%.

7. Método para a operação de uma fonte de arco elétrico, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o componente DC do fluxo da corrente é ajustado em uma faixa entre 30 e 90 A, de preferência entre 30 e 60 A.

8. Método de acordo com uma das reivindicações 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que gás reativo, gás inerte ou gás reativo e gás inerte é ou são adicionados.

9. Método de acordo com uma das reivindicações 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que o material alvo compreende pelo menos um dos materiais seguintes: um metal de transição do IV^o, V^o, VI^o grupo na tabela periódica ou alumínio, boro, carbono ou silício, ou uma liga ou composto dos materiais acima mencionados, tais como TiAl, CrAl, TiAlCr, TiSi, TaSi, CrSi, WC.

10. Método de acordo com uma das reivindicações 1, 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que o material alvo é composto de uma fase cristalográfica única.

11. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o componente de corrente contínua é produzido por um gerador de corrente contínua, e o componente de corrente pulsada ou alternada é produzido por um gerador de corrente pulsada ou alternada, com os dois geradores sendo conectados em paralelo ou em série entre um cátodo de arco elétrico e pelo menos um ânodo ou terra.

12. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que o componente de corrente contínua e o componente de corrente pulsada são produzidos por dois geradores de corrente pulsada e alternada que são operados sobrepostos e sincronizados, com os dois geradores sendo conectados em paralelo ou em série entre um cátodo de arco elétrico e pelo menos um ânodo ou terra.

13. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que os componentes de corrente contínua e de corrente pulsada são produzidos por um gerador de corrente cronometrado secundário, com o gerador sendo conectado em paralelo ou em série entre um cátodo de arco elétrico e pelo menos um ânodo ou terra.

14. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que os componentes de corrente contínua e de corrente pulsada são produzidos por um gerador de corrente cronometrado primário, com o gerador sendo conectado em paralelo ou em série entre um cátodo de arco elétrico e pelo menos um ânodo ou terra.

15. Método de revestimento, caracterizado pelo fato de que uma fonte de arco elétrico de acordo com uma das reivindicações precedentes é operada de modo a depositar uma ou mais camadas em uma peça.

16. Método de revestimento de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que a camada é composta de pelo menos um dos materiais seguintes: um metal de transição do IV^o, V^o ou VI^o grupo na tabela periódica e alumínio e seus compostos com oxigênio, nitrogênio, carbono, boro ou silício.

17. Método de revestimento de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que a camada é composta de pelo me-

nos um dos seguintes materiais: óxido de alumínio, nitreto de alumínio, oxinitreto de alumínio, óxido de cromo, nitreto de cromo, oxinitreto de cromo, óxido de alumínio cromo, nitreto de alumínio cromo, oxinitreto de aluminiocromo, oxicarbonitreto de aluminiocromo, óxido de silício, nitreto de silício, oxinitreto de silício, óxido de alumínio silício, nitreto de alumínio silício, oxinitreto de alumínio silício, nitreto de silício titânio, oxinitreto de silício titânio, nitreto de silício tântalo, óxido de tântalo, oxinitreto de tântalo, nitreto de silício tungstênio, carbeto de silício tungstênio, nitreto de silício nióbio, carbeto de titânio, carbeto de tungstênio ou uma liga ou composto dos materiais acima mencionados.

18. Método de revestimento de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que uma polarização de corrente DC, pulsada ou alternada é aplicada na peça.

19. Método de revestimento de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que uma polarização de corrente pulsada ou alternada é aplicada, sincronizada com a corrente pulsada ou corrente alternada da fonte.

20. Método de revestimento de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que pelo menos um gás inerte ou gás reativo é adicionado em uma primeira taxa de fluxo pelo menos uma vez, e pelo menos um gás reativo adicional é a seguir adicionado em uma segunda taxa de fluxo, ou vice-versa, de modo a variar a composição da camada.

21. Método de revestimento de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que a primeira taxa de fluxo é reduzida antes, durante ou depois do ajuste da segunda taxa de fluxo, e a segunda taxa de fluxo é ajustada de um pequeno valor para um valor mais alto ou vice-versa.

22. Método de revestimento de acordo com a reivindicação

20, caracterizado pelo fato de que o processo de adição ou ajuste é executado na forma de uma rampa ou um degrau, de modo a produzir uma variação substancialmente constante ou escalonada na composição da camada.

23. Método de revestimento de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que uma camada com dois ou mais elementos de camada é depositada aumentando e diminuindo alternadamente a primeira e a segunda taxas de fluxo.

24. Método de revestimento de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que uma pluralidade de fontes é operada ao mesmo tempo, com material alvo idêntico ou diferente.

25. Método de gravura a água-forte para gravura a água-forte com íons metálicos, caracterizado pelo fato de que uma fonte de arco elétrico de acordo com uma das reivindicações 1 a 13 é operada com uma polarização de corrente DC, pulsada ou alternada sendo aplicada, de modo a gravar a água-forte pelo menos uma peça.

26. Método de gravura a água-forte de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de que uma polarização DC entre -50 e -2000 V, de preferência entre -200 e -1500 V é ajustada na peça.

27. Método de gravura a água-forte de acordo com uma das reivindicações 25 ou 26, caracterizado pelo fato de que um gás de gravura a água-forte adicional é introduzido.

28. Método de gravura a água-forte de acordo com a reivindicação 27, caracterizado pelo fato de que o gás de gravura a água-forte contém pelo menos um dos seguintes componentes: hélio, argônio, criptônio, oxigênio, nitrogênio, hidrogênio, halogênio (por exemplo, cloro, flúor, bromo, iodo) ou um composto contendo halogênio.

29. Método de revestimento ou gravura a água-forte de acordo com uma das reivindicações 15 a 28, caracterizado pelo fato de que a taxa de revestimento e a energia introduzida na peça são

ajustadas pelo ajuste de pelo menos um dos seguintes parâmetros: a largura de pulso do pulso da corrente, a magnitude do pulso da corrente, a razão ativa.

30. Método de revestimento ou gravura a água-forte de acordo com uma das reivindicações 15 a 29, caracterizado pelo fato de que a peça é uma ferramenta ou um componente.

31. Método de revestimento ou gravura a água-forte de acordo com uma das reivindicações 14 a 26, caracterizado pelo fato de que a peça é composta essencialmente de silício ou de algum outro material semicondutor.

32. Fonte de arco elétrico tendo um alvo (5) e pelo menos um eletrodo oposto (6,20,20') e uma unidade de suprimento de força elétrica que é conectada no alvo (5), o qual apresenta pelo menos uma primeira suprimento de força elétrica DC (13', 18''), bem como um suprimento de força elétrica adicional (18, 181), com o qual uma corrente DC pode ser sobreposta com uma corrente alternada ou com uma corrente pulsada, **caracterizado pelo** fato de que a superfície do alvo (5) fica pelo menos parcialmente coberta por um revestimento isolante, o qual foi formado por uma reação entre o gás reativo e o material gaseificado do alvo (5), sendo que o revestimento isolante em uma operação do arco elétrico, no qual uma descarga de centelha elétrica que ocorre dentro de uma atmosfera que apresenta o gás reativo é alimentada ao mesmo tempo com uma corrente contínua e também com uma corrente pulsada, isto é, alternada e promove um aumento da fração de corrente contínua da tensão de fonte de pelo menos 10%, mais preferivelmente por pelo menos 20% em comparação com a operação sem um revestimento isolante.

33. Fonte de arco elétrico de acordo com a reivindicação 32, caracterizada pelo fato de que a unidade de suprimento de força elétrica adicionalmente compreende um suprimento de corrente DC

(13'), que é projetado pelo menos para manter uma corrente de conservação.

34. Fonte de arco elétrico de acordo com a reivindicação 32, caracterizada pelo fato de que a unidade de suprimento de força elétrica compreende um segundo suprimento de alta corrente pulsada (18"), que pode ser sincronizado com a primeira fonte corrente contínua tal que uma corrente de conservação com um sinal pulsado sobreposto pode ser ajustada.

35. Fonte de arco elétrico de acordo com a reivindicação 32, caracterizada pelo fato de que a primeira fonte de corrente contínua é um suprimento de alta corrente (18'') e o suprimento de alta corrente pulsante (18', 18'') podem ser sincronizadas tal que a corrente de conservação tem uma ou mais pausas de corrente de conservação em pausas de pulso individuais ou em todas as pausas de pulso, na qual nenhuma tensão é aplicada no alvo ou no eletrodo, em cujo caso as pausas da corrente de conservação podem ser ajustadas para serem tão curtas que o plasma do arco elétrico não é extinto nas pausas.

36. Fonte de arco elétrico de acordo com a reivindicação 35, caracterizada pelo fato de que as pausas da corrente de conservação podem ser ajustadas entre 1 ns e 1 μ s, em particular entre 1 e 100 ns.

37. Fonte de arco elétrico de acordo com a reivindicação 32, caracterizada pelo fato de que a primeira fonte de corrente contínua (13', 18'') e o suprimento de força elétrica adicional (18,18") são conectados em paralelo ou em série.

38. Fonte de arco elétrico de acordo com a reivindicação 32, caracterizada pelo fato de que a primeira fonte de corrente contínua (13', 18'') ou pelo menos o suprimento de força elétrica adicional (13',18") é conectado entre o alvo (5) e um eletrodo (6) que compreende o alvo, ou eletrodos adicionais (20,20').

39. Fonte de arco elétrico de acordo com a reivindicação 32, caracterizada pelo fato de que tendo um alvo (5) e pelo menos um eletrodo oposto (6,20,20') e uma unidade de suprimento de força elétrica que é conectada no alvo (5), sendo que a unidade de suprimento de força elétrica é um suprimento de força elétrica cronometrado secundário (21,21'), por meio do qual o sinal do suprimento de força elétrica cronometrado secundário (21,21') é modulado tal que uma corrente de conservação DC é produzida, com um sinal pulsado ou sinal AC sobreposto nela.

40. Fonte de arco elétrico de acordo com a reivindicação 42, caracterizada pelo fato de que o suprimento de força elétrica cronometrado secundário é na forma de um conversor redutor (21') ou um conversor elevador (21).

41. Fonte de arco elétrico de acordo com a reivindicação 32, caracterizada pelo fato de que, a unidade de suprimento de força elétrica é um suprimento de força elétrica cronometrado primário (22), por meio do qual o sinal do suprimento de força elétrica cronometrado primário (22) é modulado tal que uma corrente de conservação DC é produzida, com um sinal pulsado ou sinal AC sobreposto nela.

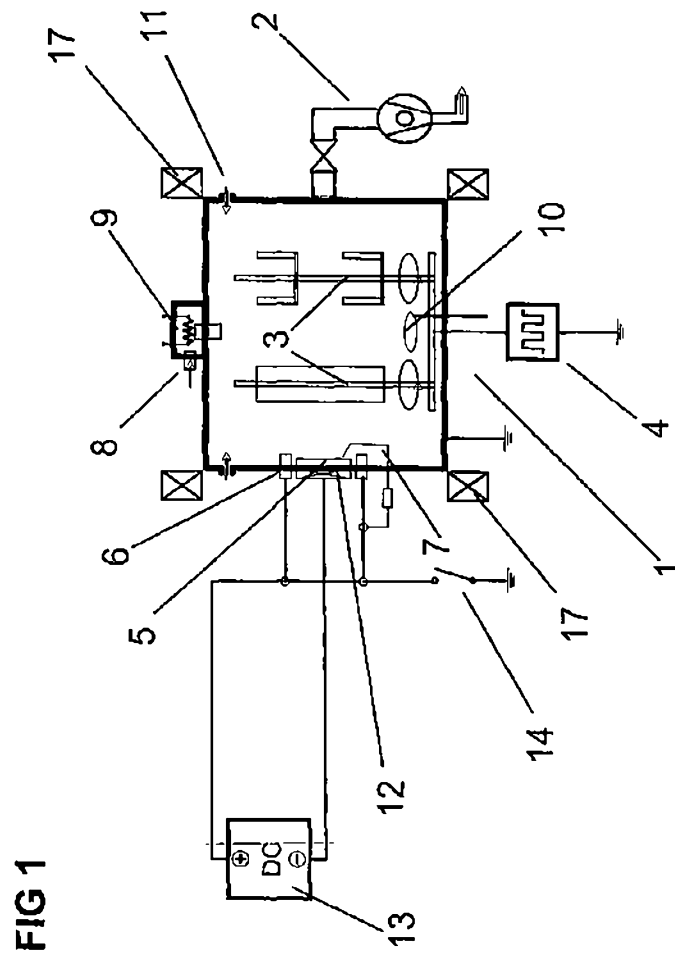
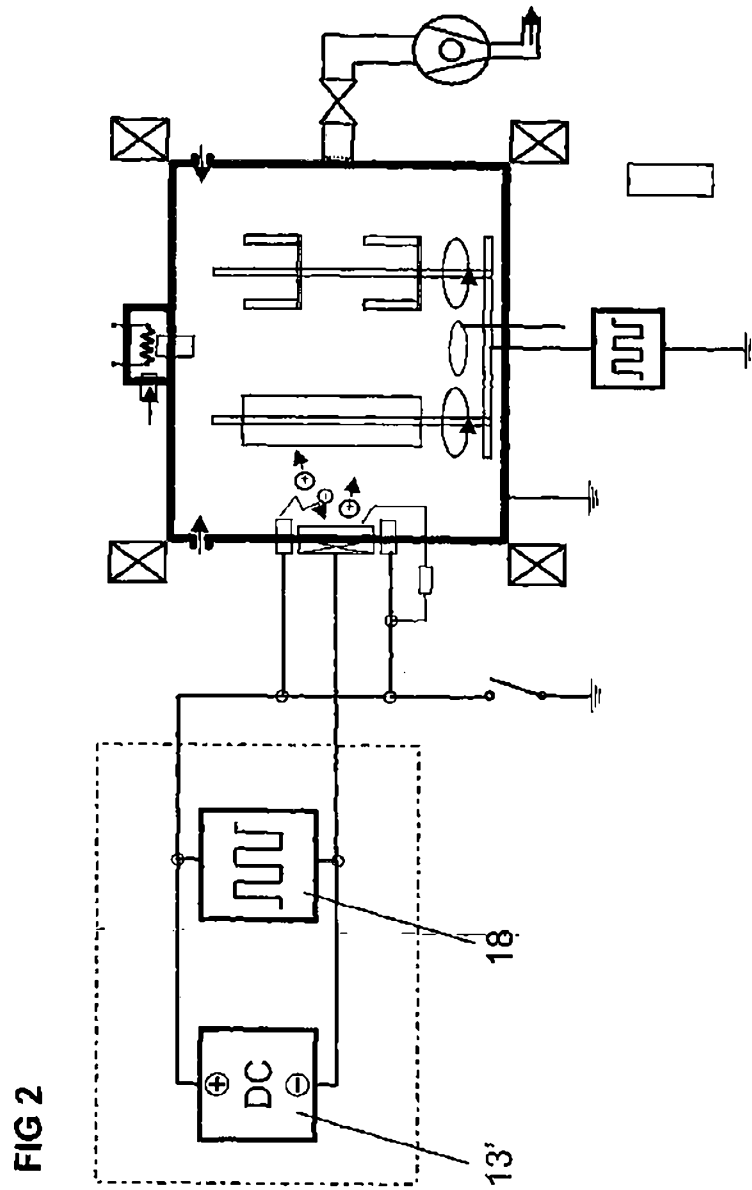


FIG 1



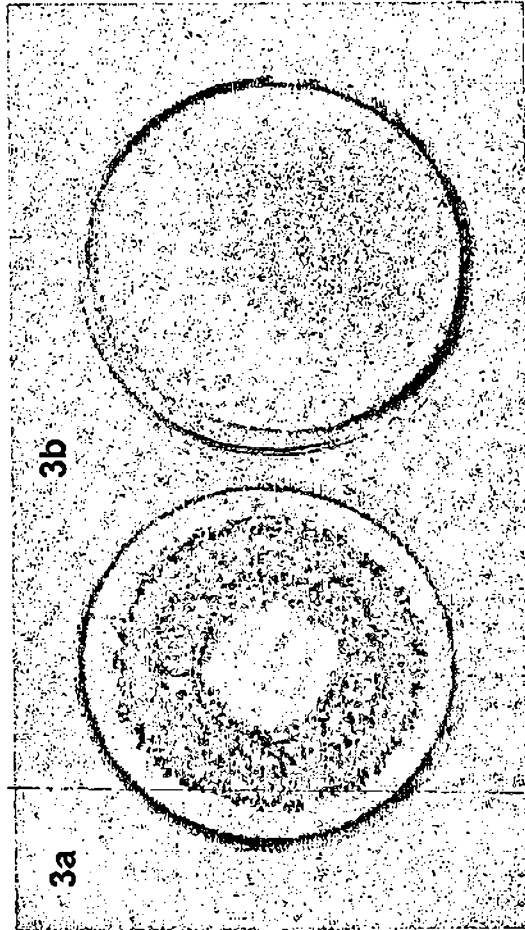


FIG 3

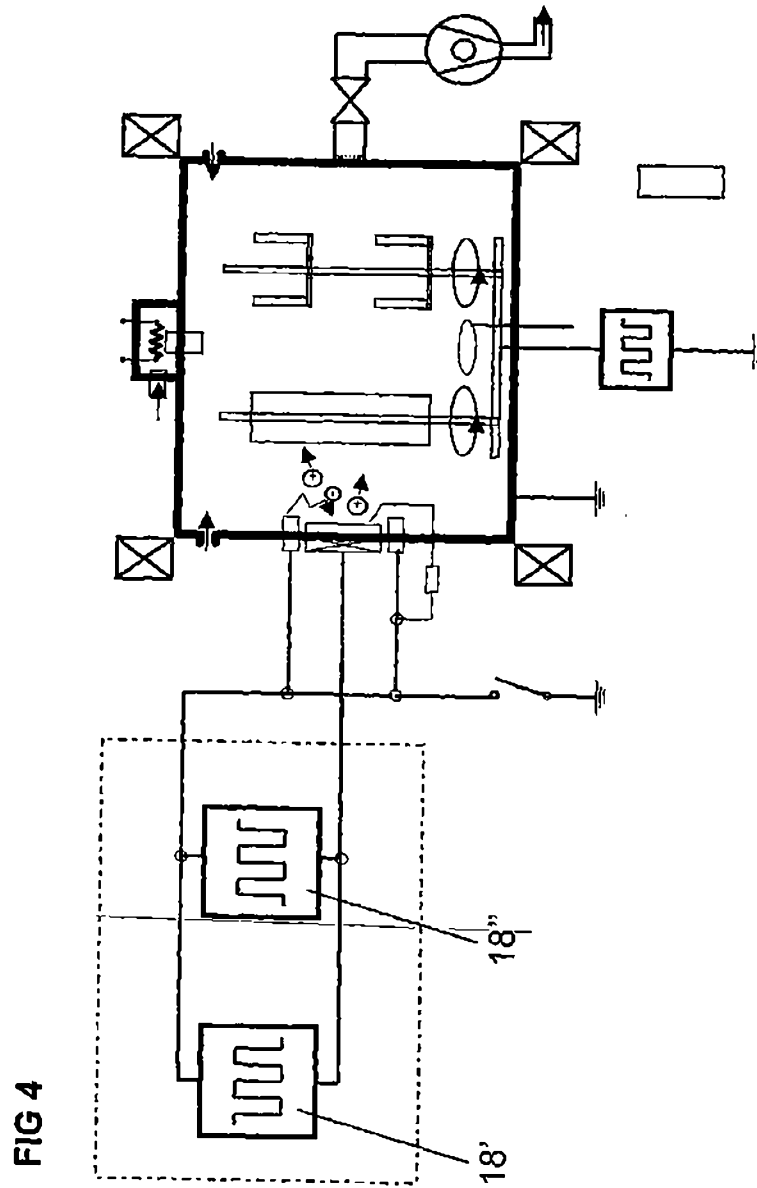


FIG 4

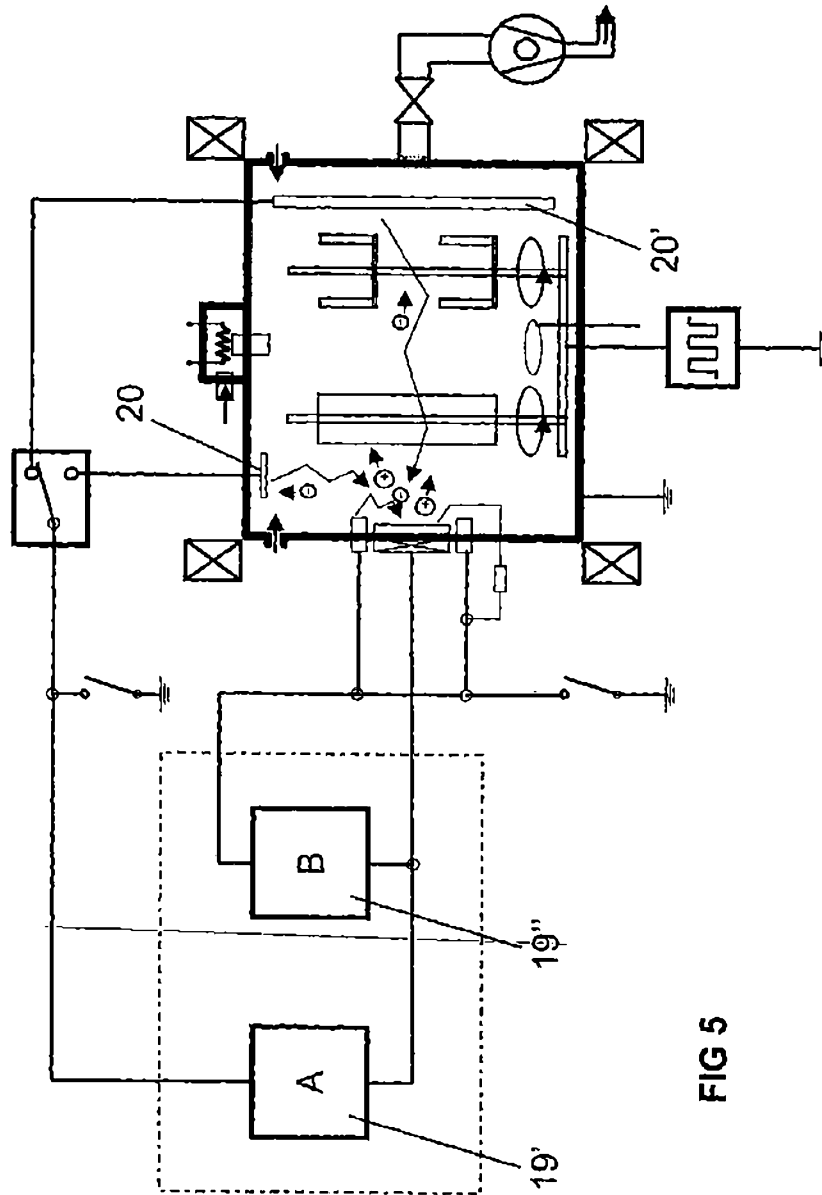


FIG 5

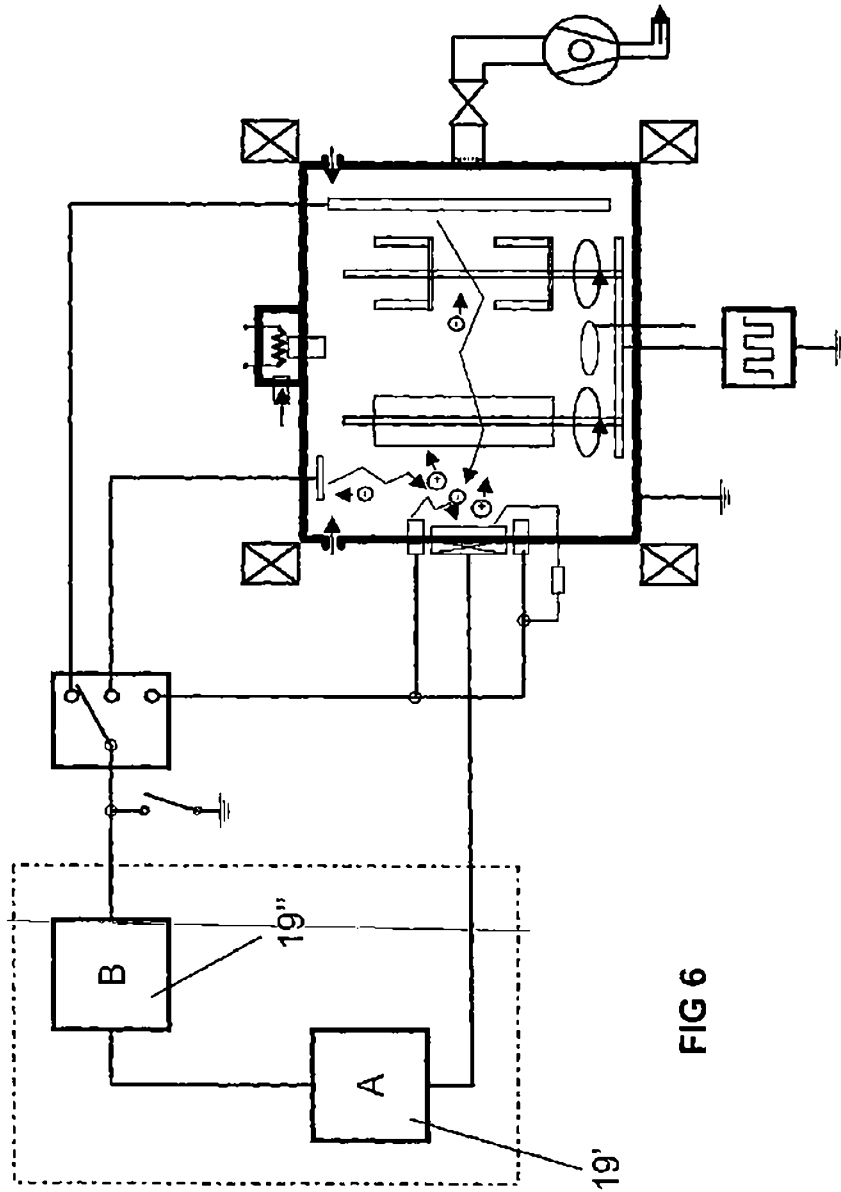
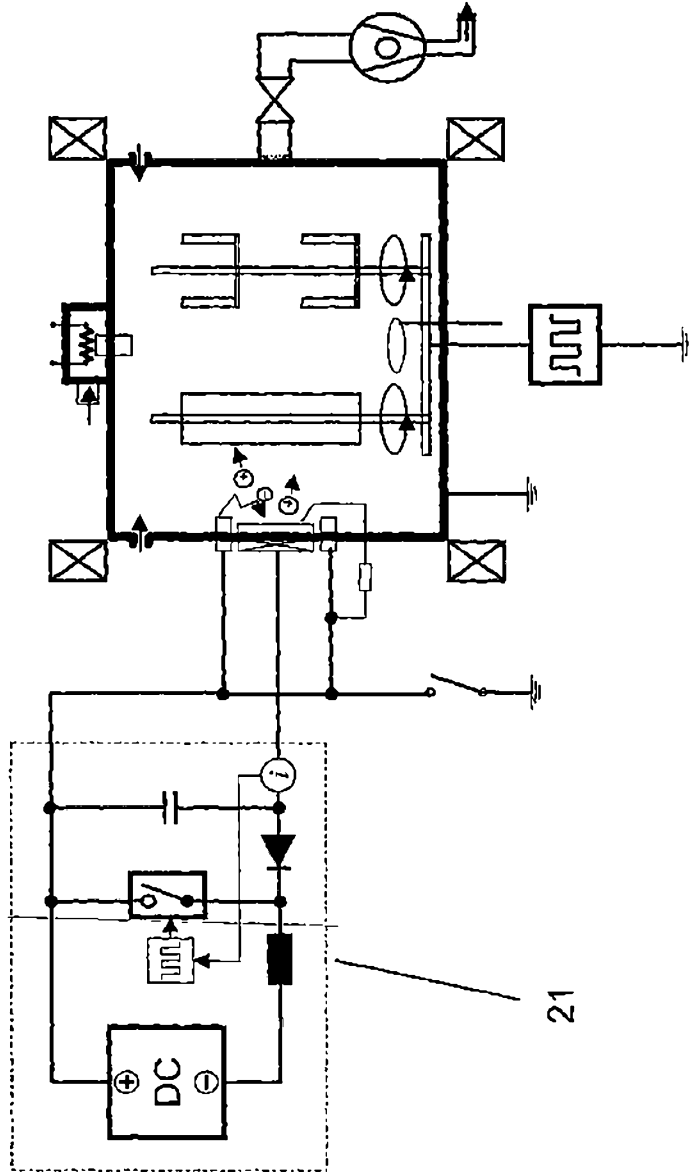


FIG 7



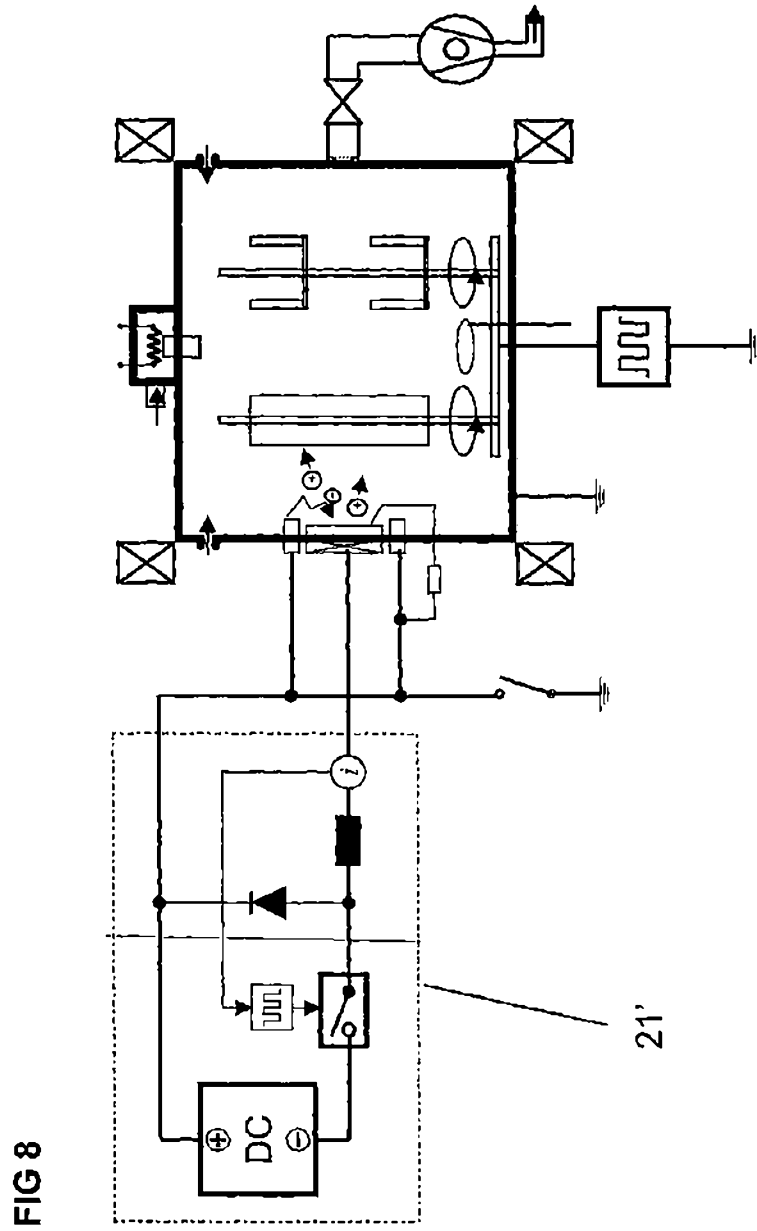


FIG 8

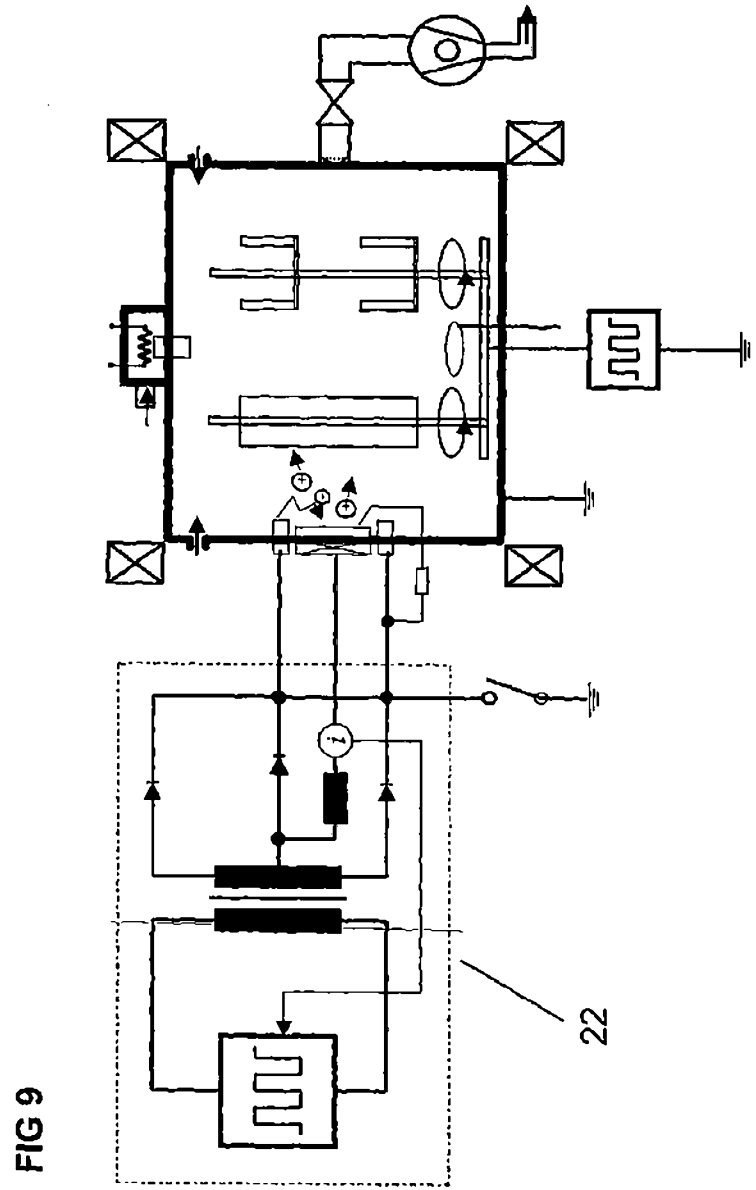


Tabela 1

Tipo de alvo, modo		Al, DC - Pulsado		Cr, DC		Gr, DC - Pulsado		Ti, DC		Ti, DC - Pulsado	
LIGA-Pulsado DC (A)		100V0		100V0		100V150		100V0		100V150	
U Fonte de pulso [V]		280		--		280		--		280	
Largura de pulso (aproximada) [µs]		10V10		--		10V10		--		10V10	
Temperatura [°C]		400		400		400		400		400	
Camadas oxidas											
Fluxo de gás [norm]		U-DC Fonte [V]	p [mbar]	U-DC Fonte [V]	p [mbar]	U-DC-Fonte [V]	p [mbar]	U-DC-Fonte [V]	p [mbar]	U-DC-Fonte [V]	p [mbar]
2	O ₂ = 0 / Ar = 100	22,4	--	29,2	3,00E-03	28	3,40E-03	--	--	24,2	3,40E-03
3	O ₂ = 200 / Ar = 100	28,6	--	--	--	37,4	--	--	--	33	--
4	O ₂ = 400 / Ar = 100	34,4	--	--	--	41	--	--	--	36,1	--
6	O ₂ = 200 / Ar = 50	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	O ₂ = 200 / Ar = 0	31,7	5,00E-03	29,3	4,40E-03	38,3	3,40E-03	32	3,40E-03	35,8	30,1
7	O ₂ = 400 / Ar = 0	34,4	--	33,2	8,00E-03	38	--	31	9,00E-03	36,5	28,4
Fluxo de gás [norm]											
No.	Fluxo de gás [norm]	U-DC Fonte [V]	p [mbar]	U-DC Fonte [V]	p [mbar]	U-DC-Fonte [V]	p [mbar]	U-DC-Fonte [V]	p [mbar]	U-DC-Fonte [V]	p [mbar]
8	N ₂ = 0 / Ar = 100	22	3,40E-03	--	--	24	3,40E-03	--	--	--	--
9	N ₂ = 200 / Ar = 100	26	8,00E-03	--	--	28,5	7,80E-03	--	--	--	--
10	N ₂ = 400 / Ar = 100	25,5	1,30E-02	--	--	28	1,20E-02	--	--	--	--
11	N ₂ = 200 / Ar = 0	27	5,00E-03	28,4	4,70E-03	27,6	5,20E-03	28,9	5,00E-03	28,9	5,00E-03
12	N ₂ = 400 / Ar = 0	27,5	1,00E-02	27	1,00E-02	28	1,00E-02	27	1,00E-02	27	1,00E-02