



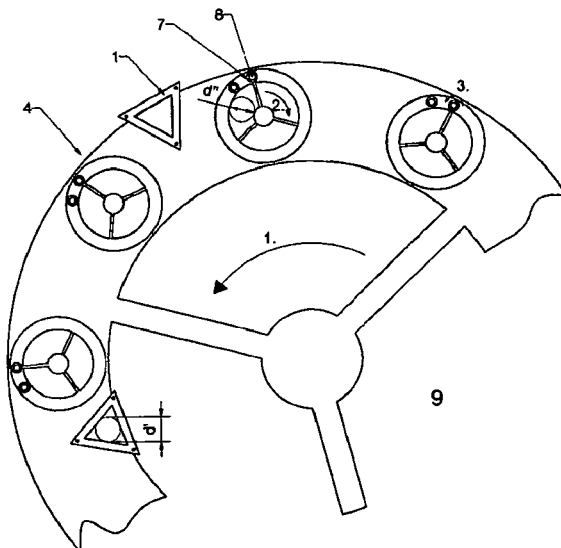
(22) Data de Depósito: 28/04/2006
(43) Data da Publicação: 08/09/2010
(RPI 2070)



(51) Int.Cl.:
H01J 37/32
C23C 16/26

(87) Publicação Internacional: WO 2006/116889de 09/11/2006

(57) Resumo: AMPLIFICADOR DE PLASMA PARA INSTALAÇÃO DE TRATAMENTO DE PLASMA.A presente invenção refere-se a um amplificador de plasma para uma instalação de tratamento de plasma compreende um dispositivo (1, 4) para amplificar e/ou inflamar um plasma de descarga incandescente, para tratamento, particularmente, revestimento, de peças a trabalhar (8), com pelo menos um corpo oco (2, 5) de material eletricamente condutor. O corpo oco está formado de tal modo que na aplicação de um sinal elétrico no corpo oco, pelo menos em um determinado âmbito de pressão e voltagem, as condições geométricas para inflamar uma descarga no interior do corpo oco estão atendidas. O corpo oco tem pelo menos uma abertura, através da qual os transportadores de carga podem escoar para a vizinhança do dispositivo, a fim de facilitar a ignição e operação de um plasma ou para amplificar um plasma existente. O dispositivo compreende meios que ligam eletricamente o corpo oco com as peças a trabalhar, de modo que, substancialmente, o mesmo potencial é aplicado ao corpo oco, bem como à peça a trabalhar.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**AMPLIFICADOR DE PLASMA PARA INSTALAÇÃO DE TRATAMENTO DE PLASMA**".

ÁREA TÉCNICA

A presente invenção refere-se a um amplificador de plasma para
5 uma instalação de tratamento de plasma de acordo com o preâmbulo da reivindicação 1, particularmente, para o uso em uma instalação de revestimento a vácuo de acordo com a reivindicação 15, ou para um processo de tratamento a vácuo de acordo com a reivindicação 18.

ESTADO DA TÉCNICA

10 São conhecidos cátodos a quente ou a frio, nos quais, por aplicação de uma voltagem entre um cátodo, por exemplo, um cátodo incandescente ou uma ponta com alto potencial negativo, e um anodo, são extraídos elétrons na câmara de tratamento de uma instalação de revestimento a vácuo, para ali aumentar a densidade dos transportadores de carga. Essas
15 fontes de elétrons ou fontes de íons estão dotadas de um abastecimento elétrico próprio. Nesse caso, o cátodo normalmente só se encontra em ligação com a câmara de tratamento da instalação de tratamento de plasma através de um diafragma, para evitar, por exemplo, a solicitação do cátodo por gás reativo ou outras influências negativas pelo processo de tratamento
20 de plasma. Nesse caso, é desvantajoso, por um lado, que os elétrons são produzidos fora da câmara de revestimento e, desse modo, são necessários dispositivos adicionais para transferir os mesmos, essencialmente sem perda, para a câmara de tratamento, por outro lado, em razão do abastecimento elétrico adicionalmente necessário e construção complicada, já por razões
25 de custos, só pode ser previsto um número pequeno dessas fontes de elétrons ou fontes de íons. Por esse motivo, na maioria das vezes, caso de todo existente, apenas uma fonte de íons desse tipo está prevista em uma instalação de tratamento de plasma.

Processos conhecidos para depósito de camadas de DLC, isto
30 é, camadas com uma alta proporção de compostos de carbono sp^3 , tais como descritos, por exemplo, no documento WO 01/79585, utilizam uma excitação de frequência média sobre o substrato para, pela descarga incandes-

cente formada, produzir um depósito de camada. A descarga incandescente é produzida entre os componentes e a parede da instalação, por meio de uma polarização de DC ou por meio de uma polarização de substrato pulsada de modo unipolar ou bipolar, no âmbito de pressão do depósito por sputter de magnetron.

Nesse caso, os componentes a serem revestidos estão incluídos ativamente no processo. A velocidade de depósito obténível é determinada, entre outros, substancialmente, pela geometria da disposição para revestimento de peças a trabalhar na instalação de revestimento, o que causa uma forte oscilação na velocidade de depósito. Devido a isso, pode ocorrer a situação de que em uma disposição pouco ativa é formada uma ionização fraca. Isso leva a uma velocidade de depósito pequena e, desse modo a uma baixa produtividade.

Em instalações de tratamento de plasma conhecidas, as peças a trabalhar são mantidas sobre suportes de substrato, por exemplo, na forma de um carrossel, e guiadas à frente da(s) fonte(s) de revestimento. Exemplos disso são disposições rotativas duplas, sem distâncias geométricas no âmbito de 20-80 mm, com o que não é produzido um cátodo oco de plasma controlado. Um setor de problema típico é o revestimento de disposições de placas e peças planas, que só geram uma corrente de plasma pequena.

Um aumento da oferta de carbono por um aumento da corrente de gás reativo, na maioria das vezes, só é possível em medida limitada, pela potência de aspiração do sistema de bomba de vácuo, uma vez que ao deixar a janela de processo ótima, a qualidade da camada é comprometida.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

A invenção tem por base a tarefa de pôr à disposição um amplificador de plasma, que, sem medidas adicionais complexas, pode ser instalado de modo integrado na câmara de tratamento de plasma ou diretamente sobre um carrossel ou até mesmo em um suporte de peças a trabalhar.

A tarefa é solucionada pelas características de acordo com a invenção da parte caracterizadora da reivindicação 1. Nesse caso, o amplificador de plasma pode ser operado por um abastecimento de polarização,

para aplicação de um sinal elétrico às peças a trabalhar.

De processos de plasma convencionais é conhecido que, dependendo da pressão de processo e voltagem aplicada, por determinadas disposições geométricas podem formar-se um ou mais plasmas secundários pelo chamado efeito de cátodo oco. Esses plasmas secundários com uma alta densidade de plasma, embora localmente limitada, mas muito alta, perturbam o processo de plasma planejado por diversos efeitos, tais como superaquecimento de substratos individuais, oscilações de plasma, grafitização na fase gasosa e, outros, motivo pelo qual em todos os processos de CVD de plasma usuais são tomadas medidas para evitar esses plasmas secundários.

Surpreendentemente, por um dispositivo realizado de acordo com a invenção, foi possível fazer uso do efeito de cátodo oco, sem efeitos prejudiciais sobre a condução do processo ou qualidade das camadas, por um amplificador de plasma, com uma geometria determinável empiricamente, dependente dos parâmetros de processo, de tal modo que é possível um aumento estável da densidade de plasma e um aumento significativo da velocidade de depósito.

O dispositivo de acordo com a invenção para amplificar e/ou inflamar um plasma de descarga incandescente compreende, nesse caso, pelo menos um corpo oco de material eletricamente condutor, sendo que o espaço oco do corpo oco está formado de tal modo que na aplicação de um sinal elétrico ao corpo oco, pelo menos em um determinado âmbito de pressão e voltagem, são atendidas as condições geométricas para inflamar uma descarga no interior do corpo oco. Além disso, o corpo oco compreende pelo menos uma abertura, pela qual transportadores de carga podem escoar para a vizinhança do dispositivo para, ali, possibilitar a ignição e operação de um plasma ou amplificar um plasma ali existente.

Nesse caso, a geometria é escolhida de tal modo que a temperatura de processo pode ser mantida baixa, para não influenciar as propriedades das peças a trabalhar. São decisivas, nesse caso, para a geometria do amplificador de plasma, que compreende, substancialmente, pelo menos

um espaço oco, as medidas internas ou um parâmetro geométrico característico do espaço oco, que representa um índice para a distância média das áreas que circundam o espaço oco, com o mesmo potencial elétrico. Por exemplo, para um âmbito de pressão de 1×10^{-3} mbar a 5×10^{-2} mbar, de preferência, 4×10^{-3} a 2×10^{-2} , verificou-se ser apropriado um âmbito de distância de 20 a 200 mm, de preferência, 60 a 100 mm.

O uso desse princípio pode dar-se pelo fato de que pelo menos um dispositivo de acordo com a invenção é instalado como amplificador de plasma na carga de um carrossel com suporte de peças a trabalhar, com o que em toda a câmara de tratamento a densidade do plasma pode ser aumentada e, por exemplo, pode ser obtida uma velocidade de depósito mais alta.

Alternativamente a isso, as peças a trabalhar podem ser fixadas diretamente sobre um dispositivo de acordo com a invenção e, desse modo, entram em contato diretamente com o plasma do cátodo oco. Também podem ser usadas, vantajosamente, combinações de diferentes modalidades do dispositivo de acordo com a invenção.

A seguir, é feita a tentativa de explicar os fenômenos que servem de base à invenção por meio de regras físicas conhecidas. Mas isso só pode ser considerada uma aproximação, possivelmente sujeita a erros, às condições presentes em uma instalação de revestimento industrial. As mesmas podem divergir essencialmente, por exemplo, no que refere-se às geometrias complexas ou eletrodos movidos, que se apresentam, nesse caso, dos modelos desenvolvidos com base em pressupostos simplificados, modelares.

Sob o pressuposto que um dispositivo de acordo com a invenção para amplificação do plasma, que consiste em uma ou mais Bäumchen amplificadoras de plasma ou Bäumchen de substrato de geometria correspondente, os mesmos representam um cátodo para uma descarga incandescente, sendo que o anodo é a câmara de revestimento, que está de preferência, em potencial de terra. Para ignição da descarga incandescente, é aplicada uma voltagem entre anodo e cátodo, que perfaz entre 200 V e 2000

V, de preferência, entre 400 V e 1200 V, em cada caso, inclusive os valores limite. Depois da ignição, a descarga também pode ser operada com uma voltagem mais baixa.

A ignição do plasma segue, nesse caso, a lei de Paschen. De acordo com essa lei, a voltagem de ignição V_t ou o potencial de inflação E_t é dependente do tipo de gás e a um tipo de gás dado é uma função do produto de distância dos eletrodos d e pressão p :

$$V_t = [B \times p \times d] / [C + \ln pd], E_t = B / [C + \ln pd];$$

com B e C como constantes dependentes do tipo de gás.

Tal como é do conhecimento do técnico, existem diversas possibilidades para aperfeiçoar o processo de ignição, desse modo, por exemplo, na aplicação de uma voltagem contínua, a mesma pode ser pulsada brevemente com altas frequências. Independentemente do tipo da voltagem de operação, que pode compreender uma voltagem contínua, uma voltagem pulsada bipolar ou unipolar, uma voltagem alternada convencional ou também uma voltagem contínua modulada, a inflação de um amplificador de plasma de acordo com a invenção pode ser influenciada ou aperfeiçoada pelas seguintes medidas:

- rápidas oscilações de pressão,
- breve aumento de voltagem (pulso de voltagem individual),
- operação pulsada da fonte de voltagem,
- a aplicação de um campo magnético externo, perpendicularmente ou paralelamente ao trajeto de descarga dos cátodo/anodos,
- operação adicional de um plasma, por exemplo, na forma de um plasma de sputter, faíscas ou arco de baixa voltagem,
- escolha de um gás com boa ionização, tal como, por exemplo, Ar, Ne, He.

O aumento da densidade do plasma por meio de campo magnético adquire, nesse caso, uma importância especial, uma vez que, desse modo, é aumentada a probabilidade de uma ionização do gás em toda a câmara de plasma. Para todas as condições, nas quais a velocidade dos transportadores de carga no plasma não é paralela ao campo magnético, ocorrem

forças, que forçam esses transportadores de carga em vias circulares. Na área de queda de cátodo relativamente pequeno, o movimento dos transportadores de carga só é pouco influenciado, devido às forças de campo relativamente grandes. Por outro lado, o campo magnético atua mais fortemente sobre a coluna positiva. As forças do campo magnético diminuem a difusão dos transportadores de carga e aumentam a densidade do plasma pela maior probabilidade de choque com as moléculas de gás.

O amplificador de plasma de acordo com a invenção baseia-se, substancialmente, no efeito do aumento da densidade de plasma por ignição de um cátodo oco. Quando uma descarga é operada de modo que a um anodo estão associados vários cátodos, a distância dos cátodos um ao outro é importante. Se as distâncias dos cátodos um do outro forem maiores do que a queda de cátodo dupla, não ocorre nenhuma influência recíproca. Aproximando-se os cátodos um do outro ou diminuindo-se a densidade do gás, então elétrons mais rápidos entram de uma superfície de cátodo na área de queda de cátodo do outro cátodo e, nesse caso, são travados e refletidos pela carga igualmente negativa. Essa reflexão nos potenciais de cátodo ocorre até que o elétron tenha perdido energia, por exemplo, por choque. Pela reflexão, por sua vez, aumenta a probabilidade de ionização. A densidade de corrente aumenta e, na dependência do tipo de gás, da pressão, da distância ou da geometria, pode aumentar por um fator de mais de cem.

A uma distância dos cátodos muito pequena um do outro, porém, a densidade de corrente cai novamente, rapidamente, o que é explicado pelo fato de que a corrente não encontra mais seu caminho da fenda entre os dois cátodos para o anodo.

A influência recíproca dos cátodos é designada por efeito de cátodo oco. Ela se forma quando um cátodo apresenta espaços ociosos, que apresentam um diâmetro menor do que o espaço de queda duplo. O tamanho do espaço de queda de cátodo pode, nesse caso, ser fortemente influenciado pela aplicação de um campo magnético.

Até o presente, em instalações de tratamento de plasma ou disposições de eletrodos, a formação de cátodos ociosos, particularmente, na pro-

ximidade imediata da superfície a ser tratada, era evitada o mais possível, uma vez que pela formação desses chamados plasmas secundários resultam, em geral, efeitos muito negativos para o processo de tratamento de plasma. Por exemplo, por essas descargas, energia pode ser retirada do plasma, o gás reativo ser decomposto rapidamente demais ou totalmente ou
5 as superfícies das peças a trabalhar podem ser superaquecidas, para descrever apenas alguns dos fenômenos de perturbação.

Um objeto da presente invenção, por outro lado, é pôr à disposição um amplificador de plasma que evita os efeitos desvantajoso de um cá-
10 todo oco e aumenta a densidade do plasma dentro e fora do amplificador de plasma em uma media tal que contribuir para o aperfeiçoamento do processo de tratamento. Nesse caso, a densidade do plasma é substancialmente mais alta no interior, o que é vantajoso para uma melhor decomposição ou excitação de precursores gasosos.

15 O princípio da invenção é descrito exemplificadamente por meio dos desenhos abaixo. Nesse caso, mostram:

figura 1 um amplificador de plasma

figura 2 um suporte de peças a trabalhar

figura 3 um carrossel

20 o amplificador de plasma 1 representado na figura 1, está formado de vários anéis circulares, elípticos ou poligonais 2 dispostos um sobre o outro, ou anéis de geometrias compostas, sendo que os anéis 2 estão dispostos em uma distância a, que é suficientemente pequena para evitar uma inflação de uma descarga oca entre os anéis 2. Se a distância for escolhida
25 apenas ligeiramente grande demais, ocorre uma ignição de um plasma secundário indesejável, muito intenso, entre os cátodos 2 dispostos paralelamente, com as conseqüências desvantajosos descritas acima.

A distância a entre os anéis de cátodo 2 ou a distância b entre as peças a trabalhar ou suportes precisa, portanto, ser pequena em relação
30 à queda de cátodo dupla, vantajosamente, até menor do que a queda de cátodo. Na presente modalidade, foi escolhida uma distância a de 1 a 60 mm, de preferência, 5 a 25 mm.

A altura total h do amplificador de plasma 1 pode, nesse caso, ser variada facilmente, por adição ou supressão de um ou mais anéis 2. Os anéis 2 podem ser retidos na posição desejada, por exemplo, por barras de ligação 3 individuais, com luvas distanciadoras, não mostradas mais detalhadamente.

O parâmetro geometricamente característico no caso da presente figura 1 A, A' é o diâmetro interno d dos anéis de cátodo, que também representa a dimensão essencial para geração e estabilidade do cátodo oco. Na figura 1 B, o diâmetro d' do círculo interno do triângulo é assumido como parâmetro característico. O diâmetro d , d' deve, portanto, ser escolhido de tal modo que as condições para um cátodo oco sejam atendidas, isto é, menor ou aproximadamente igual à queda de cátodo dupla. Na presente modalidade, foi escolhida uma distância d de 20 a 200 mm, de preferência, entre 60 e 100 mm. Juntamente com a altura h , o diâmetro d , d' define, portanto, a geometria do cátodo oco, que não só pode ser realizada em geometria diferente da secção transversal, mas também pode estar limitada por áreas de limitação diferentes em relação à câmara de plasma restante. Por exemplo, em vez de muitos segmentos anulares 2, podem ser previstos apenas um segmento anular superior e um segmento anular inferior, com uma grade esticada entre os mesmos, ou fios paralelos ou barras, cilindros ou outros corpos ocos, com aberturas ou cavidades apropriadas no perímetro, por exemplo, na forma de fendas ou similar. O importante é que exista pelo menos uma abertura do cátodo oco, que mantém o caminho aberto para o anodo, para os transportadores de carga.

Na modalidade mostrada na figura 1, mostrou-se, ainda, que uma cobertura da abertura superior ou inferior por uma grade metálica 10, pode influenciar positivamente a estabilidade do plasma.

A figura 2 mostra um suporte de peças a trabalhar 4, que está realizado como amplificador de plasma, nesse caso, os anéis 5 estão realizados com alojamentos 7 para peças a trabalhar. O parâmetro característico d'' pode ser visto, nesse caso, ou como representado, como menor distância do suporte de peças a trabalhar 5 até uma barra de suporte 6, ou como me-

nor distância entre os raios 11 do suporte de peças a trabalhar, dependendo do fato de qual distância é a menor. Também aqui é essencial que a distância a, bem como as distâncias b entre as peças a trabalhar 8, sejam escolhidas de tal modo que não ocorra uma ignição de uma descarga de cátodo oco. Portanto, pelo menos as peças a trabalhar de um plano de suporte de peças a trabalhar devem apresentar geometrias muito semelhantes ou, melhor, iguais, ou, por medidas adicionais, ajustar as distâncias a ou b correspondentes. Para obter um plasma de descarga oca o mais uniforme possível sobre a altura do amplificador de plasma 4, é vantajoso prever os raios 11 dos respectivos anéis de suporte de peças a trabalhar 5 na mesma posição, de modo que, tal como no caso representado, por exemplo, na figura 2, são formados três espaços de cátodo oco idênticos 12, 12', 12" no interior do amplificador de plasma.

Em princípio, já um único anel de suporte de peças a trabalhar 5, com um espaço de cátodo oco 12, ou um único anel 2 pode ser usado como amplificador de plasma, desde que seja escolhida a geometria apropriada para o âmbito de pressão/voltagem correspondente. No entanto, é óbvio para o técnico que amplificadores de plasma ou suportes de peças a trabalhar 4 realizadas como amplificador de plasma correspondentes, que consistem, tal como representado na figura 1 ou 2, em vários planos de anéis 2 ou em anéis de suporte de peças a trabalhar 5, obtêm um efeito substancialmente mais forte. Por exemplo, nesses amplificadores de plasma 1, 4, gás reativo ou precursores para processos de CVD de plasma ou processos combinados de PVD/CVD, pode ser excitado ou dissociado de modo muito eficiente, e transformado em espécies altamente reativas, por exemplo, moléculas ionizadas, fragmentos de moléculas e/ou em radicais. Desse modo, também a velocidade de depósito é substancialmente aumentada e, a uma condução de processo apropriada, a qualidade de camada dessas camadas de CVD de plasma é aperfeiçoada.

Na figura 3 está representado um carrossel 9, sobre o qual estão instalados tanto vários amplificadores de plasma 1, tal como representado na figura 1, como também vários suportes de peças a trabalhar 4, tal co-

mo mostrado na figura 2. Os suportes de peças a trabalhar 4 podem, nesse caso, estar montadas de modo rotativamente móvel e, tal como representado, por exemplo, em ação conjunta com o carrossel 9 e alojamentos 7, produzir uma rotação tripla das peças a trabalhar 8, para obter uma qualida-

5 de de revestimento a mais uniforme possível. Uma rotação tripla desse tipo é representada esquematicamente pelas setas de movimento 1., 2. e 3. correspondentes. É vantajoso, nesse caso, quando a distância geométrica característica d' do amplificador de plasma 1 é pelo menos um pouco menor do que a distância geométrica característica d'' do suporte de peças a trabalhar

10 4, com o que, na aplicação de um sinal de pulso, por exemplo, de frequência média de acordo com a equação de Paschen, primeiramente é inflamado o plasma nos amplificadores de plasma.

Uma disposição desse tipo é particularmente vantajosa quando, por exemplo, partindo de uma camada adesiva metálica, deve ser produzida

15 uma transição graduada para uma camada de DLC. Se a camada adesiva, inicialmente de metal puro, por exemplo Cr ou Ti, sendo que, tal como é do conhecimento do técnico, também são de interesse outros metais do grupo secundário IV, V ou VI do sistema periódico dos elementos, ou Si ou Al, for aplicada por um processo de sputter, de arco, de arco de voltagem baixa ou

20 outro processo de PVD, e subsequenteemente, for adicionado um gás que contém carbono, por exemplo, acetileno, metano, etano, etileno ou similar, forma-se uma camada mista, que contém, substancialmente, metal ou carbureto metálico. Porém, não ocorre ou quase não ocorre a formação de estruturas de carbono contendo sp^3 , enquanto existir apenas uma polarização

25 de CD, uma vez que, nesse caso, o gás reativo é excitado ou decomposto pelo plasma em uma extensão pequena demais. Mas, se, por exemplo, for aplicado um sinal de pulso de frequência média ao carrossel 9, o plasma de cátodo oco é inflamado, primeiramente nos amplificadores de plasma 1, devido à distância menor d , d' . A ignição é facilitada por qualquer fonte de

30 plasma adicional, por exemplo, pela descarga incandescente do alvo de sputter e, caso necessário, por um campo magnético adicional, aplicado perpendicularmente ao plano de cátodo oco. Isso pode ser produzido, por

exemplo, por uma disposição de Heimholz, conhecida do técnico, de duas bobinas magnéticas em uma instalação de revestimento.

Depois da ignição do plasma de cátodo oco nos amplificadores de plasma, pelo consumo aumentado do gás reativo, ocorre uma queda de pressão, que tem como consequência uma ignição rápida de um outro plasma de cátodo oco nos espaços ocos 12, 12', 12" dos suportes de peças a trabalhar 4 e uma diminuição adicional de gás reativo. A ignição do plasma nos suportes de peças a trabalhar 4 dá-se, nesse caso, pela proporção, já alta, de transportadores de carga dos amplificadores de plasma 1, de modo totalmente sincronizado e sem oscilações de plasma. Se, então, for aumentada a proporção de gás reativo, o que ocorre, vantajosamente, na forma de um aumento em forma de rampa da corrente de gás reativo, fica à disposição na superfície das peças a trabalhar uma alta proporção de íons de carbono ou hidrocarboneto altamente excitados, que possibilitam a formação de estruturas contendo sp^3 ou, por exemplo, por regulação retroativa ou supressão dos alvos, são depositadas estruturas de sp^3 , que consistem, substancialmente, apenas em carbono e hidrogênio. Uma outra vantagem resulta no uso desses amplificadores de plasma 1 ou suportes de peças a trabalhar 4 pelo fato de que o processo pode ser conduzido de tal modo que também no depósito de camadas isolantes, por exemplo, de DLC sobre as peças a trabalhar, a condutibilidade no lado interno do amplificador de plasma 1 ou do suporte de peças a trabalhar 4 é mantida. Isso ocorre devido à carga de temperatura elevada nessa região ou devido ao bombardeio com partículas ionizadas, que, por exemplo, no uso de um gás reativo que contém carbono, provoca uma grafitização sobre a superfície interna do corpo oco ou do cátodo oco.

A seguir, é mostrada, por meio de exemplos, a diferença para o estado da técnica e o efeito vantajoso do uso do amplificador de plasma de acordo com a invenção. Detalhes sobre os parâmetros de processo e realização geométrica do dispositivo são encontrados na tabela 1. O processo é realizado sobre um carrossel com 6 ou 12 Bäumchen.

Exemplo 1

Aqui, as peças a trabalhar são carregadas sobre Bäumchen de acordo com o estado da técnica, de modo que é evitado um cátodo branco. A corrente de substrato no processo é pequena, a velocidade de revestimento é baixa.

5 Exemplo 2

Aqui, as peças são carregadas sobre Bäumchen, que correspondem a um dispositivo de acordo com a invenção. Com isso, na aplicação de uma polarização de MF, um cátodo oco é inflamado e é obtido um aumento da corrente de substrato, bem como uma velocidade de depósito mais alta em comparação com o exemplo 1. Os parâmetros geométricos da descarga oca foram adaptados aos parâmetros de processo, de tal modo que nem as peças são superaquecidas, nem a qualidade de camada é influenciada negativamente.

Exemplo 3

15 Aqui, as peças a trabalhar são carregadas, tal como no exemplo 1, adicionalmente, 2 de 12 Bäumchen foram substituídas por um dispositivo descrito, tal como na figura 1. Alternativamente, sobre um carrossel carregado com 6 Bäumchen foram usados, adicionalmente 3 amplificadores de plasma 1, tal como na figura 3. Nos dois casos houve uma influência positiva
20 sobre a velocidade de depósito.

Exemplo 4

Aqui, as peças foram carregadas sobre um dispositivo, tal como no exemplo 2, o cátodo oco é operado com uma pressão elevada, o que tem como consequência um aumento adicional da corrente de substrato e da
25 velocidade de depósito, em comparação com o exemplo 1 e 2. Também sob essas condições, as peças nem são sobreaquecidas, nem a qualidade de camada é influenciada negativamente.

Exemplo 5

Aqui, as distâncias foram escolhidas maiores do que no exemplo
30 1, mas menores do que no exemplo 2. Obviamente, d" corresponde aqui a uma distância média, na região de uma reflexão de elétrons máxima, uma vez que aqui o cátodo oco queima muito intensamente, as peças são supe-

aquecidas e é produzida uma má qualidade de camada por grafitação.

Exemplo 6

5 Mostra uma nítida dependência do efeito do amplificador de plasma da frequência do sinal elétrico aplicado. A um aumento de frequência de 50 para 100 kHz, pôde ser obtido um aumento substancial da corrente de substrato e da velocidade de revestimento em relação ao exemplo 4, a parâmetros de resto constantes.

10 Embora muitas possibilidades diferentes para realização da invenção tenham sido descritas acima, com base na descrição, fica óbvio para o técnico que existem ainda muitas outras possibilidades de concretizar dispositivos correspondentes para ignição ou amplificação do plasma. Por exemplo, um dispositivo correspondente também pode ser instalado na câmara de vácuo, no fundo da câmara ou na tampa da câmara, em vez de sobre
15 o carrossel, desde que o dispositivo seja isolado do recipiente e seja aplicado um sinal elétrico correspondente, por exemplo, o sinal de polarização de substrato.

Tabela 1: Exemplos da invenção

	Exemplo 1: Estado da técnica	Exemplo 2: Montagem com partes de rotação tripla sobre o dispositivo	Exemplo 3: Montagem com dispositivos adicionais sem carga	Exemplo 4: Montagem com partes de rotação tripla sobre o dispositivo	Exemplo 5: Montagem sobre dispositivo com distâncias pequenas demais	Exemplo 6: Montagem com partes de rotação tripla sobre o dispositivo
Corrente de gás reativo	220-320 SCCM	220-350 sccm	220-350 sccm	350-350 sccm	220-350 sccm	350-500 sccm
Pressão de trabalho	5,0-7,0 10^3 mbar	5,0-7,0 10^3 mbar	5,0-7,0 10^3 mbar	4,5-7,0 10^3 mbar	4,5-7,0 10^3 mbar	7,0-1,2 10^2 mbar
Distância d" das peças a trabalhar sobre a superfície de suporte	10 mm	60-10 mm	10 mm	40 mm	40 mm	60-100 mm
Situação de carga	Peça a trabalhar de placa, bem como rotação tripla; 10 peças a trabalhar sobre um disco	Rotação tripla; 40 peças a trabalhar sobre um disco	Peça a trabalhar de placa, bem como rotação tripla, tal como no exemplo 1	Rotação tripla; 30 peças a trabalhar sobre um disco	Rotação tripla; 30 peças a trabalhar sobre um disco	Rotação tripla; 30 peças a trabalhar sobre um disco
Número das Baumchen	12	6	6	12	12	6
Voltagem de amplitude	-800-1000V	-800-1000V	-800-1000V	-800-1000V	-800-1000V	-800v-1000V
Corrente de substrato	0,5-1,5A	1,5-4,0A	1,5-4,0A	2,0-6,0A	2-20A instabil	4,0-12A
Frequência de sinal	50 kHz	50 kHz	50 kHz	50 kHz	50 kHz	100 kHz
Velocidade de depósito	0,2 $\mu\text{m/h}$	0,9 $\mu\text{m/h}$	0,9 $\mu\text{m/h}$	1,5 $\mu\text{m/h}$	-----	2,0-2,5 $\mu\text{m/h}$
Temperatura do componente	200°C	200°C	200-250°C	>250°C	>250°C	-250°C

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo para amplificação e/ou ignição de um plasma de descarga incandescente, para tratamento, particularmente para revestimento, de peças a trabalhar, com pelo menos um corpo oco de material eletricamente condutor, sendo que o espaço oco do corpo oco está formado de tal modo que na aplicação de um sinal elétrico no corpo oco, pelo menos em um âmbito de pressão e voltagem determinado, as condições geométricas para ignição de uma descarga no interior do corpo oco estão atendidas, e o corpo oco compreende pelo menos uma abertura, pela qual os transportadores de carga podem escoar para a vizinhança do dispositivo, para, ali, possibilitar a ignição e operação de um plasma ou para amplificar um plasma ali existente, caracterizado pelo fato de que o dispositivo compreende meios que ligam o corpo oco eletricamente com as peças a trabalhar, de modo que, substancialmente, o mesmo potencial é aplicado ao corpo oco, bem como à peça a trabalhar.

2. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o corpo oco está fixado sobre um carrossel (9) para recepção de suportes de peças a trabalhar (4).

3. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as condições geométricas para um âmbito de pressão entre 1×10^{-3} a 5×10^{-2} mbar, de preferência, entre 4×10^{-3} a 2×10^{-2} , estão atendidas.

4. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as condições geométricas para um sinal elétrico com um âmbito de voltagem entre 200 a 2000 V, de preferência, entre 400 a 1200 V, estão atendidas.

5. Dispositivo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o sinal elétrico é um sinal de voltagem contínua, de voltagem alternada, particularmente, um sinal de voltagem alternada pulsado, bipolar ou unipolar, no âmbito da frequência média.

6. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o corpo oco possui uma altura h e uma secção transversal

com pelo menos um parâmetro geometricamente característico d , sendo que a secção transversal tem a forma de um círculo, de uma elipse, de um polígono ou uma forma composta de geometrias diferentes, e o corpo oco compreende pelo menos uma superfície lateral, que se estende sobre a altura h .

7. Dispositivo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o corpo oco está coberto em cima e/ou em baixo com uma grade.

8. Dispositivo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a superfície lateral do corpo oco apresenta diversas aberturas ou fendas sobre sua altura h .

9. Dispositivo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma superfície lateral do corpo oco compreende grades ou fios ou barras paralelos ou consiste, substancialmente, em uma grade ou fios ou barras paralelos.

10. Dispositivo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o corpo oco compreende diversos anéis circulares, elípticos, poligonais ou anéis de geometrias compostas, dispostos um sobre o outro, sendo que os anéis estão dispostos em uma distância a , que é suficientemente pequena para evitar uma ignição de uma descarga oca entre os anéis.

11. Dispositivo de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a distância a é menor do que a queda de cátodo, em um determinado âmbito de pressão e voltagem, particularmente, entre 1 a 60 mm, de preferência, entre 5 a 25 mm.

12. Dispositivo de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que os anéis estão formados como suportes de peças a trabalhar, com alojamentos (7), sendo que os alojamentos (7) ou as peças a trabalhar (8) estão dispostos uns aos outros em uma distância b , que é suficientemente pequena para impedir uma ignição de uma descarga oca entre os alojamentos de peças a trabalhar (7) ou entre as peças a trabalhar (8).

13. Dispositivo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado

pelo fato de que a distância a e/ou b é menor do que a queda de cátodo, em um determinado âmbito de pressão e voltagem, particularmente, entre 1 a 60 mm, de preferência, entre 5 a 25 mm.

5 14. Dispositivo de acordo com a reivindicação 6 ou 12, caracterizado pelo fato de que a distância d é menor ou igual à queda de cátodo dupla, mas maior ou igual à queda de cátodo simples, em um determinado âmbito de pressão e voltagem, particularmente, de 20 a 200 mm, de preferência, entre 60 e 100 mm.

10 15. Instalação de tratamento a vácuo para tratamento de plasma, particularmente, um revestimento de plasma de peças a trabalhar, caracterizada pelo fato de que ela compreende um dispositivo como definido em uma das reivindicações precedentes.

15 16. Instalação de tratamento a vácuo de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que a instalação compreende um dispositivo gerador de campo magnético adicional, que atua sobre o trajeto de descarga do cátodo oco ou amplifica o plasma.

20 17. Instalação de tratamento a vácuo de acordo com a reivindicação 16, caracterizada pelo fato de que pelo dispositivo gerador de campo magnético pode ser produzido um campo magnético 13, que atua perpendicularmente sobre o trajeto de descarga do cátodo oco.

18. Processo de tratamento a vácuo, caracterizado pelo fato de que é usado um dispositivo como definido em uma das reivindicações 1 a 14, para inflamar e manter em operação um plasma ou para amplificar um plasma já existente.

25 19. Processo de tratamento a vácuo de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o dispositivo é usado para excitar ou dissociar gás reativo ou precursores para um processo de CVD de plasma ou processos combinados de PVD/CVD.

FIG 1

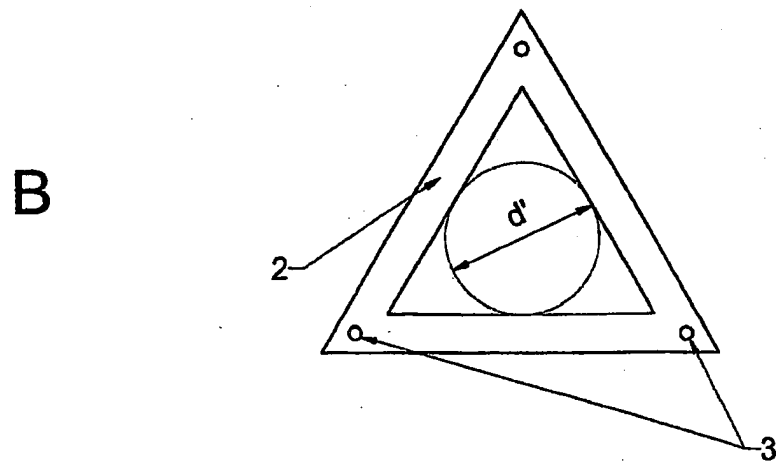
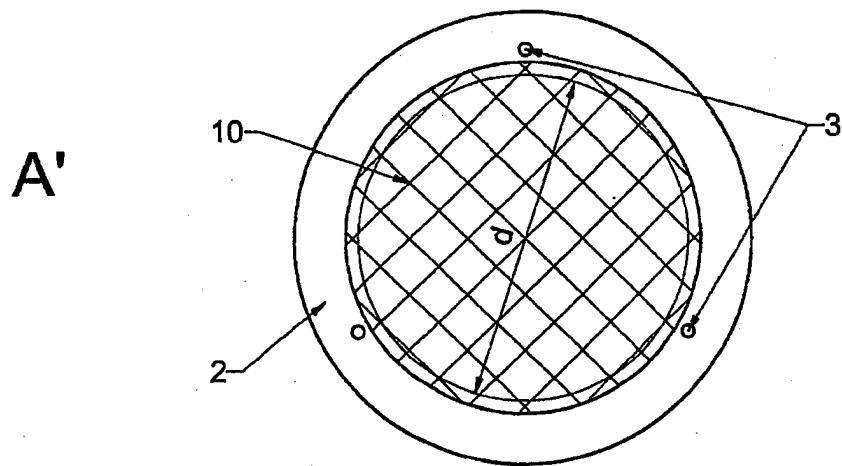
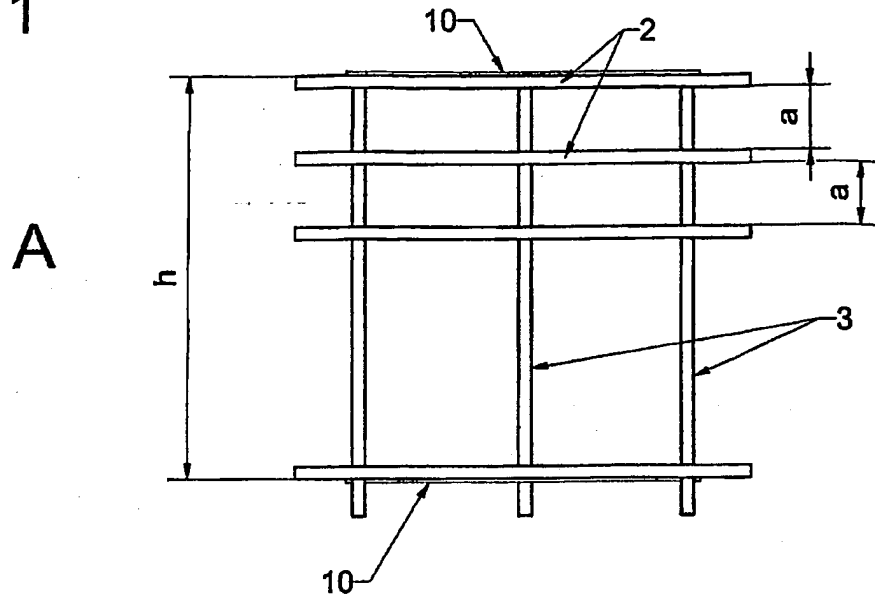


FIG 2

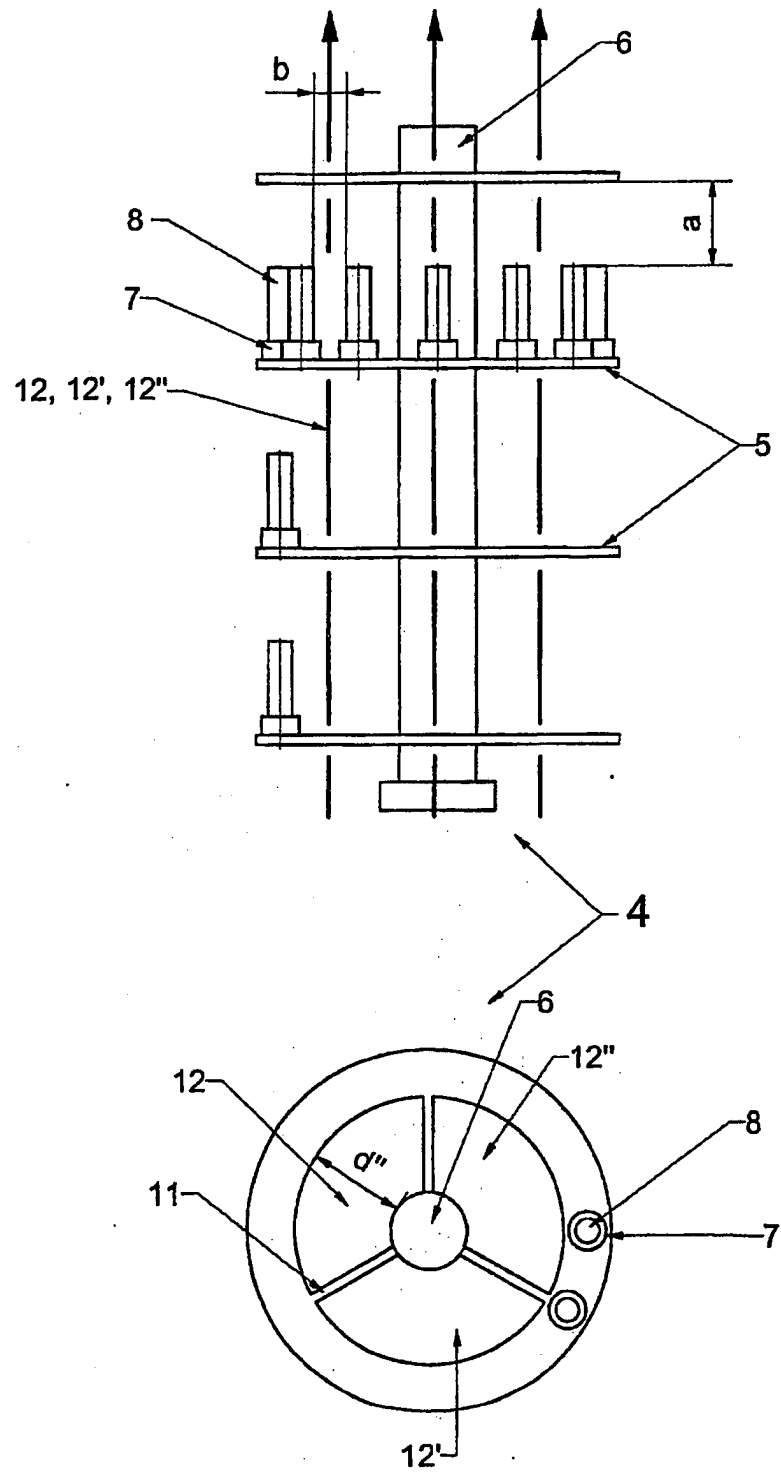
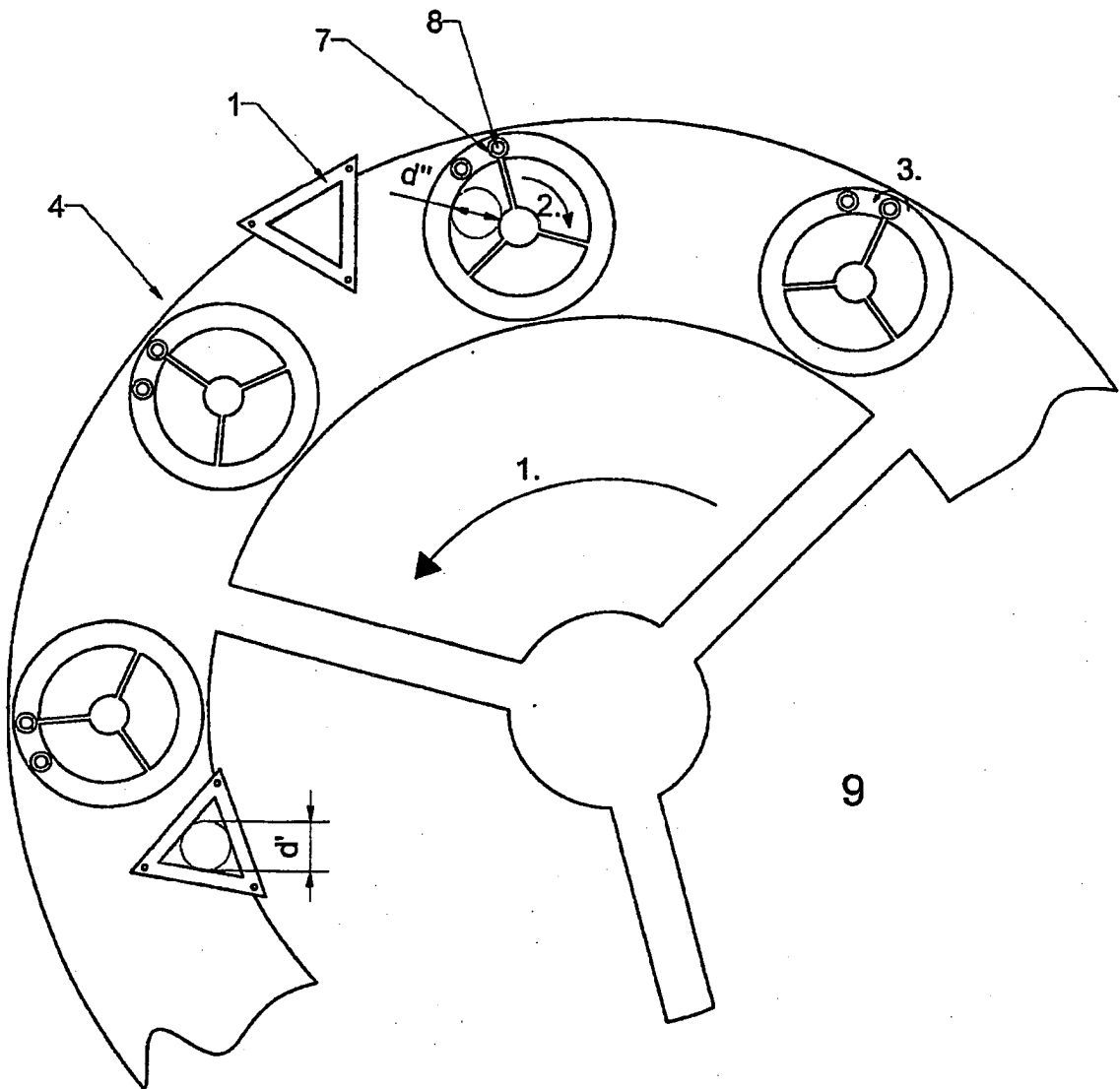


FIG 3



RESUMO

Patente de Invenção: **"AMPLIFICADOR DE PLASMA PARA INSTALAÇÃO DE TRATAMENTO DE PLASMA"**.

A presente invenção refere-se a um amplificador de plasma para
5 uma instalação de tratamento de plasma compreende um dispositivo (1, 4)
para amplificar e/ou inflamar um plasma de descarga incandescente, para
tratamento, particularmente, revestimento, de peças a trabalhar (8), com pe-
lo menos um corpo oco (2, 5) de material eletricamente condutor. O corpo
oco está formado de tal modo que na aplicação de um sinal elétrico no corpo
10 oco, pelo menos em um determinado âmbito de pressão e voltagem, as con-
dições geométricas para inflamar uma descarga no interior do corpo oco es-
tão atendidas. O corpo oco tem pelo menos uma abertura, através da qual
os transportadores de carga podem escoar para a vizinhança do dispositivo,
a fim de facilitar a ignição e operação de um plasma ou para amplificar um
15 plasma existente. O dispositivo compreende meios que ligam eletricamente
o corpo oco com as peças a trabalhar, de modo que, substancialmente, o
mesmo potencial é aplicado ao corpo oco, bem como à peça a trabalhar.