



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

(11) (21) **PI 0105474-0 A**

(22) Data de Depósito: 26/09/2001
(43) Data de Publicação: **23/09/2003**
(RPI 1707)



(51) Int. Cl.⁷:
C23C 14/36



Título: PROCESSO DE DEPOSIÇÃO DE FILME DE CARBONO AMORFO HIDROGENADO, FILME DE CARBONO AMORFO HIDROGENADO E ARTIGO REVESTIDO COM FILME DE CARBONO AMORFO HIDROGENADO

Depositante(s): Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (BR/SP)

Inventor(es): Luiz Gonçalves Neto, Ronaldo Domingues, Giuseppe Antonio Cirino, Luis da Silva Zambom

Procurador: Lucas Martins Gaiarsa

(57) **Resumo:** "PROCESSO DE DEPOSIÇÃO DE FILME DE CARBONO AMORFO HIDROGENADO, FILME DE CARBONO AMORFO HIDROGENADO E ARTIGO REVESTIDO COM FILME DE CARBONO AMORFO HIDROGENADO". A presente invenção refere-se a um processo aperfeiçoado de deposição de um filme de carbono amorfo hidrogenado, mais especificamente a um processo aperfeiçoado de espirramento catódico de baixa temperatura, baixa potência e baixo vácuo. Refere-se ainda a invenção ao filme obtido por tal processo e artigos contendo revestimento de filme de carbono amorfo hidrogenado.

"PROCESSO DE DEPOSIÇÃO DE FILME DE CARBONO AMORFO
HIDROGENADO, FILME DE CARBONO AMORFO HIDROGENADO E
ARTIGO REVESTIDO COM FILME DE CARBONO AMORFO
HIDROGENADO"

A presente invenção refere-se a um processo aperfeiçoado de deposição de filme de carbono amorfo hidrogenado, mais especificamente a um processo aperfeiçoado de baixa temperatura, baixa potência e baixo vácuo. Refere-se ainda a invenção ao filme obtido por tal processo e artigos contendo revestimento de filme de carbono amorfo hidrogenado.

DESCRIÇÃO DO ESTADO DA TÉCNICA

Os filmes de carbono amorfo hidrogenado, também conhecidos como DLC (do inglês "diamond-like carbon"), a-C:H ou ainda a:C-H, são conhecidos na literatura. São filmes compostos por pequenos cristais cuja configuração atômica local pode conter ligações carbono-carbono tetraédricas do tipo sp^3 e/ou planar do tipo sp^2 , entretanto seu tamanho é pequeno o suficiente para que uma análise por difração de raios-X indique que se trata de um material amorfo. A razão entre as hibridações $sp^3:sp^2$ é um fator preponderante na qualidade dos filmes de carbono amorfo hidrogenado.

É sabido que os filmes de DLC apresentam uma gama variada de qualidades úteis para aplicação em áreas como mecânica, química, física, eletrônica, óptica, etc., por exemplo alta dureza; baixo coeficiente de atrito, grande inércia química; boa transmitância óptica, alta condutividade térmica, baixa constante dielétrica, entre outras. Uma referência representativa desse conhecimento na literatura é o artigo "Applications of Diamond-Like Carbon Thin Films" de Allan H. Lettington (Carbon Vol. 36, No. 5-6, pp.555-560, 1998, Pergamon Press).

São também conhecidos no estado da técnica processos para obtenção de filmes de DLC, por exemplo:

- deposição química a vapor, também conhecido pela sigla CVD, alternativamente assistida por plasma de corrente contínua ou rádio frequência, também conhecido pela sigla PECVD;
- espirramento catódico (do inglês "sputtering"), onde uma descarga elétrica em um sistema de plasma gasoso gera íons que podem retirar átomos de um alvo ou reagem formando uma camada de carbono hidrogenado que também é retirada do alvo, que se ionizam ao atravessar um campo elétrico, e em seguida se depositam sobre um substrato; alternativamente em presença de um gás que reage quimicamente com tais átomos, denominado neste caso de espirramento catódico reativo (do inglês "reactive sputtering");
- deposição por feixe de íons (do inglês "ion beam");
- deposição por feixe de elétrons (do inglês "electron beam");
- sublimação a laser (do inglês "laser ablation").

A presente invenção refere-se, no que tange o processo reivindicado, a tecnologia de espirramento catódico reativo.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

Os processos conhecidos até o momento para a obtenção de filmes DLC têm limitações que influem negativamente na sua utilização em larga escala. De maneira geral os processos exigem:

- vácuo de alta qualidade, tipicamente em torno de 10^{-6} Torr;
- alta potência, variando tipicamente entre 40-200 watt por cm^2 de superfície do catodo;
- emprego de altas temperaturas, tipicamente acima de 200 °C.

A utilização de alto vácuo, alta potência e alta temperatura exigem equipamentos de alto desempenho adequados a essas condições, além de alta pureza dos insumos utilizados, tornando o processo caro e sujeito a controles severos. E no entanto, apesar de todas esses aspectos restritivos, obtém-se a

deposição do filme DLC com eficácia somente sobre pequenas áreas superficiais, normalmente planas, raramente acima de 100 cm². Também há que se observar que a alta temperatura limita o processo de deposição de filmes DLC sobre substratos pouco resistentes a altas temperaturas, por exemplo polímeros orgânicos comuns na área óptica.

A presente invenção logra obter um aperfeiçoamento em relação aos problemas detectados no estado da técnica, por meio de um processo otimizado de espirramento catódico reativo para deposição de filmes de carbono amorfo hidrogenado sobre grandes áreas, utilizando temperatura, vácuo e potência mais baixos do que os conhecidos até o presente.

Uma das vantagens da presente invenção é ser compatível com processos industriais de espirramento catódico já existentes, uma vez que as condições utilizadas não requerem nem a utilização de equipamentos adicionais nem condições incompatíveis com os equipamentos atualmente utilizados.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Conforme sentido aqui utilizado, por facilidade de exposição, a palavra "substrato" designa indistintamente artigos ou produtos, assim como suas peças ou partes, incluindo suas superfícies.

Trata a invenção, de forma mais específica, de um processo de deposição de um filme de carbono amorfo hidrogenado caracterizado pelo fato de compreender as seguintes etapas:

- promover contato entre (a) um primeiro eletrodo aterrado e (b) um substrato sobre cuja superfície vai-se depositar o dito filme;
- promover vácuo num ambiente que contém o dito primeiro eletrodo e um segundo eletrodo carbonoso; já em presença de, ou fornecendo em seguida ao dito ambiente, ao menos um precursor de filme de carbono amorfo hidrogenado;

- promover, por tempo suficiente, uma descarga de corrente contínua e/ou de rádio frequência entre o dito primeiro eletrodo e o dito segundo eletrodo carbonoso, maior ou igual a cerca de 0,01 watt por centímetro quadrado de superfície do eletrodo carbonoso;

sendo dito vácuo suficiente para propiciar geração de plasma entre os ditos primeiro e segundo eletrodos.

Sem que se crie qualquer limitação ao escopo da invenção, acredita-se que fenômeno que ocorre durante o processo da invenção é, em função do plasma gerado, o surgimento de íons que atingem o eletrodo de material carbonoso, promovendo a retirada ou espirramento de fragmentos e íons para o espaço entre os eletrodos, que colidem então com átomos/moléculas do precursor do filme, gerando radicais CH_3 que então depositam-se como um filme sobre a superfície do substrato em contato com o eletrodo aterrado.

Conforme sentido aqui empregado, entende-se por precursor de filme de carbono amorfo hidrogenado qualquer substância sólida, líquida ou gasosa, que tenha ligações C-H em sua estrutura, e/ou que seja capaz de propiciar a geração de radicais CH_3 nas condições da invenção, tanto por si só quanto em combinação com outros precursores. Exemplos adequados de precursores de filme de carbono amorfo hidrogenado são hidrocarbonetos, acetonas, álcoois e freons. De maneira particular utiliza-se um ou mais dos componentes do grupo composto por metano, acetileno, fluorometano e trifluormetano, sendo metano o precursor mais particularmente utilizado, de forma individual. O processo da invenção não exclui a utilização conjunta do precursor ou de precursores de filme de carbono com um ou mais aditivos conhecidos e utilizados na formação de filme DLC por processos de espirramento catódico - por exemplo nitrogênio, flúor ou boro para realçar qualidades elétricas/eletrônicas do filme obtido, argônio para realçar

propriedades mecânicas, oxigênio para aumentar a dureza e a inércia química dos filmes, silício para aumentar a inércia química etc..

Conforme sentido aqui empregado, entende-se por eletrodo carbonoso um eletrodo qualquer composto majoritariamente por carbono que possua em sua estrutura somente ligações carbônicas e/ou hidrocarbonetos (C-H) e/ou compostos de carbono-silício ou carbono-nitrogênio, sendo adequado o grafite de alta pureza, particularmente acima de 99,0%, por exemplo 99,9%. Como sabe o homem da técnica a pureza do eletrodo carbonoso afeta as qualidades do filme de carbono amorfo hidrogenado obtido. Por exemplo, para aplicações elétricas é mais adequado um eletrodo com maior pureza de carbono do que o necessário para aplicações ópticas. Um eletrodo carbonoso, conforme sentido aqui utilizado, pode ser tanto um substrato feito de material carbonoso em si, quanto ser de outro material, por exemplo um metal como o cobre, um plástico ou um polímero, mas recoberto ou em contato com um substrato de material carbonoso.

Os valores de potência adequados à invenção são maiores do que cerca de 0,01 watt/cm² (watt por centímetro quadrado) de superfície do eletrodo carbonoso, mais particularmente entre cerca de 0,1 watt/cm² e 1 watt/cm². Como sabe o homem da técnica quanto maior forem o tamanho do eletrodo carbonoso e/ou a peça sobre a qual se vai depositar o filme de carbono amorfo hidrogenado e/ou a distância inter-eletrodos, maior é a potência adequada à formação eficaz de um tal filme. Distâncias inter-eletrodos inferiores a cerca de 40 mm favorecem deposição menos homogênea do filme de carbono devido ao campo eletro-magnético intrinsecamente presente na técnica de esparramento catódico. De maneira particular a distância inter-eletrodos do sistema de plasma da invenção varia entre cerca de 40 mm e cerca de 100 mm.

O vácuo adequado à formação de plasma nas condições da

presente invenção corresponde a pressão igual ou menor que cerca de 1×10^{-1} Torr, sendo mais particularmente utilizando-se pressões entre cerca de 1×10^{-4} e 1×10^{-1} Torr.

A temperatura utilizada no processo da invenção é um dos parâmetros que afeta a qualidade do filme de carbono formado, porém não é determinante para sua efetiva realização. De forma particular o processo da invenção se processa entre cerca de -20°C e cerca de 200°C , ou ainda mais particularmente entre a temperatura ambiente e cerca de 100°C . Entretanto mesmo temperaturas abaixo de -20°C ou acima de 200°C podem ser empregadas, adequando-se convenientemente o equipamento de deposição, conforme sabe determinar o homem da técnica.

Também como sabe o homem da técnica, a temperatura pode não ser constante durante o processo de deposição de um filme de carbono amorfo hidrogenado, variando-se a mesma se desejado. Ainda que o processo da invenção empregue temperaturas muito baixas se comparado com o estado da técnica, não está excluído do escopo da invenção a utilização de dispositivos de refrigeração tanto para o eletrodo carbonoso quanto para o primeiro eletrodo aterrado que permanece em contato com o substrato sobre o qual vai ser depositado o filme de carbono, permitindo que o processo seja utilizável para depositar filmes de DLC sobre uma enorme gama de materiais.

Uma das grandes vantagens do processo da invenção é a deposição do filme de carbono amorfo hidrogenado sobre grandes áreas, de forma nunca divulgada anteriormente, a despeito das condições de temperatura, potência e vácuo menos severas do que as encontradas do estado da técnica. Não há limitação à extensão da área a ser depositada com filme de carbono, e de forma particular o processo da invenção permite a deposição sobre áreas entre 1 centímetro quadrado e 20 metros quadrados, desde que as dimensões e as características operacionais do equipamento o

permitam.

Dentro de uma realização particular da invenção pode-se efetuar a deposição do filme de carbono amorfo hidrogenado sobre peças inteiras em uma única operação, e não sobre uma superfície por vez. Isso é possível configurando-se o formato do eletrodo de material carbonoso para acompanhar a topografia das superfícies externas (e/ou internas, se houver) do artigo que se deseja revestir de filme de carbono, artigo este em contato com o eletrodo aterrado, de forma que a distância entre as superfícies do artigo e as superfícies do eletrodo carbonoso seja substancialmente constante, ao longo de toda a extensão do artigo. Por exemplo, para um artigo com uma superfície plana seguida de uma superfície curva, para as quais se deseja um filme de espessura homogênea, utiliza-se um eletrodo carbonoso correspondente dotado de uma superfície plana seguida de uma superfície curva de concavidade inversa àquela do artigo, tal que qualquer ponto da superfície do artigo, reta ou curva, estará a uma mesma distância, selecionada e constante, do eletrodo carbonoso. A característica do processo da invenção de utilizar um eletrodo carbonoso, tipicamente um eletrodo de grafite, configura um processo muito barato de deposição de filme de carbono sobre peças tridimensionais, pois é um material facilmente modelável em relação a outros processos do estado da técnica (por usinagem, sinterização, extrusão ou qualquer outro processo de conformação adequado), seja porque utilizam eletrodos complexos feitos de materiais caros, não adequados à modelagem, seja porque a técnica é diferente e menos adequada.

A espessura dos filmes de carbono amorfo hidrogenado obtida pelo processo da invenção é também função do tempo. Por exemplo pode-se obter desde filmes coalescidos muito finos, a partir de cerca de 10 nanômetros, até filmes considerados espessos, da ordem de 8 μm . A invenção permite que a espessura de um filme de carbono amorfo hidrogenado depositado possa

variar ao longo da sua extensão.

A presente invenção engloba o processo de deposição de filme de carbono amorfo hidrogenado sobre fibras de qualquer natureza, por exemplo fibras ópticas, fibras têxteis, fibras de alto desempenho como aramida, ou quaisquer outras. O processo da invenção também é aplicado para deposição de filmes de DLC sobre tecidos e não-tecidos, por exemplo papel.

Na área óptica especificamente a invenção permite vantajosamente obter não só substratos variados revestidos de filmes de carbono amorfo hidrogenado, por exemplo policarbonato ou outros polímeros orgânicos (considerados até o momento como de baixa durabilidade em função de degradação do polímero a altas temperaturas e dificuldade de adesão do filme sobre sua superfície), mas também substratos ópticos propriamente ditos, onde o próprio filme pode ser estrutural, exercendo a função de elemento óptico, por exemplo, lente, prisma, etc.

Como já mencionado anteriormente, o processo da invenção é compatível com equipamentos e recursos atualmente disponíveis para processos de espirramento catódico reativo. Dessa forma procedimentos padrão podem ser perfeitamente utilizados em conjunto com a invenção. Por exemplo, para depositar o filme de DLC da invenção sobre uma lente, é necessário promover a limpeza da mesma antes - tal limpeza é efetuada normalmente, seja de forma química (por exemplo utilizando solventes orgânicos como isopropanol, acetona ou limpezas utilizando bases e ácidos normalmente empregadas em microeletrônica) ou física (por exemplo por espirramento com plasma de argônio, sem eletrodo de grafite), para então efetuar-se o procedimento de depósito do filme da invenção.

Não há limitação quanto ao tipo de material sobre o qual pode ser depositado filme de carbono amorfo hidrogenado de acordo com o processo da invenção, podendo ser citados a título meramente exemplificativo: vidros,

silício, nitreto de silício, aços, ferros, metais não ferrosos, polímeros termofixos e termoplásticos, elastômeros, madeira, cristais, minerais, materiais orgânicos, etc. As aplicações correspondentes também são as mais variadas, podendo ser citadas, sem qualquer limitação: filtragem de radiações ultravioleta, infravermelho, ou outros comprimentos de onda específicos; camada de pré-deposição sobre um substrato (por exemplo aço) para melhorar adesão a outro substrato (por exemplo plástico) ; maior resistência a abrasão para elementos ópticos, cobertura de proteção para micro dispositivos ópticos fabricados a base de polímeros, tais como redes de difração de fase, hologramas, material óptico ativo em elementos ópticos difrativos, revestimento de próteses e instrumentos cirúrgicos em geral visando tanto baixo atrito entre as peças componentes quanto bio-compatibilidade, em especial hemo-compatibilidade, componentes mecânicos ou eletrônicos sujeitos a ambientes química e mecanicamente agressivos; membranas iônicas e eletrodos utilizados em processos eletro-químicos unidirecionais do tipo células de combustível, revestimento de madeira para evitar penetração de água, diminuição de atrito entre componentes mecânicos, etc.

Em uma outra alternativa, a invenção refere-se aos filmes de carbono amorfo hidrogenado depositados conforme o processo da invenção.

Ainda em outra alternativa de realização, a invenção refere-se aos artigos, produtos, substratos, peças e superfícies revestidas com filme de carbono amorfo hidrogenado depositado de acordo com o processo da invenção.

EXEMPLO

É apresentado a seguir um exemplo de realização da presente invenção, ficando bem entendido que trata-se apenas de uma concretização particular dentro das inúmeras concretizações possíveis e prontamente percebidas por um técnico no assunto a partir das informações aqui fornecidas.

Tal exemplo não limita de qualquer modo o escopo da invenção, cuja extensão é determinada pelas reivindicações anexas a este relatório descritivo.

DEPOSIÇÃO DE UM FILME DLC SOBRE SUPERFÍCIE DE POLICARBONADO

Efetua-se a deposição de um filme de carbono amorfo hidrogenado, de área aproximada 134 cm^2 , sobre a superfície de uma lente de policarbonato para farol de automóvel, de acordo com as seguintes etapas:

- limpeza por imersão em álcool isopropílico durante 15 min., seguida de secagem com jato de nitrogênio seco;
- carregamento da lente limpa em uma câmara de deposição, de forma que fique em contato com o eletrodo aterrado;
- evacuação da câmara de deposição até 8×10^{-4} Torr;
- injeção de metano 99,8% puro até a pressão de 5×10^{-3} Torr;
- geração do plasma com um gerador de rádio frequência de 13,56 MHz com potência de 150 W;
- deposição por 30 min, obtendo-se uma espessura de cerca de $1 \mu\text{m}$ de carbono amorfo hidrogenado;
- evacuação da atmosfera da câmara de deposição até 8×10^{-6} Torr;
- ventilação do sistema com nitrogênio com pureza de 99,6% até a pressão atmosférica;
- retirada da amostra do reator.

Verifica-se um aumento da resistência à abrasão do policarbonato revestido em relação ao policarbonato não revestido. Uma vez submetidas as amostras ao teste de risco (do inglês "scratch test", de acordo com Pohlmann, K.; Bhushan, B.; Karl-Heinz, G.Z.; "Effect of thermal oxidation on indentation and scratching of single crystal silicon carbide on microscale" publicado em Wear nº 237 pp. 116 -128, 2000) constata-se que houve uma redução de penetração da agulha de diamante de $40 \mu\text{m}$ no policarbonato comum para 16

µm no policarbonato revestido de acordo com a invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de deposição de filme de carbono amorfo hidrogenado caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

(a) promover contato entre um primeiro eletrodo aterrado e um substrato sobre cuja superfície vai-se depositar o dito filme;

(b) promover vácuo num ambiente que contém o dito primeiro eletrodo aterrado e um segundo eletrodo carbonoso, já em presença de, ou fornecendo em seguida ao dito ambiente, ao menos um precursor de filme de carbono amorfo hidrogenado;

(c) promover, por tempo suficiente, uma descarga de corrente contínua e/ou de rádio frequência entre o dito primeiro eletrodo e o dito segundo eletrodo, maior ou igual a cerca de 0,01 watt por centímetro quadrado de superfície do eletrodo carbonoso;

sendo dito vácuo suficiente para propiciar geração de plasma entre os ditos primeiro e segundo eletrodos.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que o dito precursor de filme de carbono amorfo hidrogenado é substância que tem ligações C-H em sua estrutura e/ou que seja capaz de propiciar a geração de radicais CH_3 nas condições do dito processo, tanto por si só quanto em combinação com outros precursores.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que o dito precursor de filme de carbono amorfo hidrogenado é escolhido entre hidrocarbonetos, acetonas, álcoois e freons.

4. Processo de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que o dito precursor de filme de carbono amorfo hidrogenado é um ou mais entre metano, acetileno, fluorometano e trifluormetano.

5. Processo de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que o dito precursor de filme de carbono amorfo hidrogenado é

metano, utilizado de forma individual.

6. Processo de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que são utilizados adicionalmente um ou mais aditivos ao dito precursor de filme de carbono amorfo hidrogenado.

7. Processo de acordo com a reivindicação 6 caracterizado pelo fato de que os ditos aditivos são escolhidos entre nitrogênio, flúor, boro, argônio, oxigênio e silício.

8. Processo de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que o dito eletrodo carbonoso é um eletrodo composto majoritariamente por carbono que possua em sua estrutura somente ligações carbônicas e/ou hidrocarbonetos e/ou compostos de carbono-silício ou carbono-nitrogênio.

9. Processo de acordo com a reivindicação 8 caracterizado pelo fato de que o dito eletrodo carbonoso é composto de carbono de alta pureza, particularmente acima de 99,5%.

10. Processo de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que a dita descarga de corrente contínua e/ou de rádio frequência entre o dito primeiro eletrodo e o dito segundo eletrodo carbonoso situa-se entre cerca de $0,1 \text{ watt/cm}^2$ e cerca de 1 watt/cm^2 .

11. Processo de acordo com a reivindicação 1 caracterizada pelo fato de que a distância entre o dito primeiro eletrodo e o dito segundo eletrodo situa-se entre cerca de 40 mm e cerca de 100 mm.

12. Processo de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que o dito vácuo corresponde a pressão igual ou menor que cerca de 1×10^{-1} Torr.

13. Processo de acordo com a reivindicação 12 caracterizado pelo fato de que o dito vácuo corresponde a pressão entre cerca de 1×10^{-4} Torr e cerca de 1×10^{-1} Torr.

14. Processo de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que a temperatura utilizada situa-se entre cerca de -20°C e cerca de 200°C .

15. Processo de acordo com a reivindicação 14 caracterizado pelo fato de que a temperatura utilizada situa-se entre a temperatura ambiente e cerca de 100°C .

16. Processo de acordo com qualquer das reivindicações 1, 14 ou 15, caracterizado pelo fato de que a temperatura utilizada durante o processo de deposição de um filme de carbono amorfo hidrogenado é variável com o tempo.

17. Processo de acordo com a reivindicação 1 caracterizada pelo fato de que o dito primeiro eletrodo e/ou o dito segundo eletrodo são refrigerados.

18. Processo de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de que o dito eletrodo carbonoso é dotado de conformação que acompanha, total ou parcialmente, a topografia das superfícies internas e/ou externas do artigo que se deseja revestir com filme de carbono amorfo hidrogenado.

19. Processo de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato que o dito eletrodo carbonoso é usinado, sinterizado ou extrudado.

20. Filme de carbono amorfo hidrogenado caracterizado pelo fato de ser obtido por processo de deposição conforme qualquer uma das reivindicações procedentes.

21. Filme de acordo com a reivindicação 20 caracterizado pelo fato de apresentar superfícies entre cerca de 1 cm^2 e cerca de 20 m^2 .

22. Filme de acordo com a reivindicação 20 caracterizado por apresentar espessura entre cerca de 10 nanômetros e cerca de 8 micra.

23. Filme de acordo com a reivindicação 20 caracterizado por

ser depositado sobre vidro, silício, nitreto de silício, aço, ferro, metal não ferroso, polímero termoplástico, polímero termofixo, elastômero, madeira, cristal, mineral ou material orgânico.

24. Artigo revestido com filme de carbono amorfo hidrogenado caracterizado pelo fato de que o dito filme é depositado sobre parte ou sobre toda sua superfície, externa e/ou interna, conforme processo de qualquer uma das reivindicações 1 a 18.

25. Artigo de acordo com a reivindicação 24 caracterizado pelo fato de ser um objeto tridimensional.

26. Artigo de acordo com a reivindicação 24 caracterizado pelo fato de ser filamento, fibra, tecido ou não tecido.

27. Artigo de acordo com a reivindicação 24 caracterizado pelo fato de sua superfície ser composta por um ou mais dos materiais vidro, silício, nitreto de silício, aço, ferro, metal não ferroso, polímero termoplástico, polímero termofixo, elastômero, madeira, cristal, mineral ou material orgânico.

RESUMO

"PROCESSO DE DEPOSIÇÃO DE FILME DE CARBONO AMORFO HIDROGENADO, FILME DE CARBONO AMORFO HIDROGENADO E ARTIGO REVESTIDO COM FILME DE CARBONO AMORFO HIDROGENADO"

A presente invenção refere-se a um processo aperfeiçoado de deposição de um filme de carbono amorfo hidrogenado, mais especificamente a um processo aperfeiçoado de espirramento catódico de baixa temperatura, baixa potência e baixo vácuo. Refere-se ainda a invenção ao filme obtido por tal processo e artigos contendo revestimento de filme de carbono amorfo hidrogenado.