

“PROCESSO DE OBTENÇÃO DE SENSORES DE PRESSÃO E FONTES DE ELÉTRONS À BASE DE CARBONO E CONTROLADOS POR PRESSÃO, E MATERIAL DE CARBONO OBTIDO PARA CONFECCÃO DOS DISPOSITIVOS”.

5 Trata o presente relatório da descrição detalhada acompanhada de desenhos elucidativos da elaboração de novos dispositivos eletro-eletrônicos, em geral, especialmente para sensores de pressão e fontes de elétrons controlados por pressão e outras aplicações potenciais, onde os dispositivos são confeccionados com um novo material a base de carbono, chamado de *carbono amorfo nanoestruturado*, cujas

10 propriedades eletrônicas, tais como a emissão de campo e a condutividade elétrica, são dependentes da pressão, e onde os dispositivos são compostos por filmes de carbono amorfo nanoestruturado ou nC a-C, os quais podem ser preferencialmente preparados pela técnica de deposição conhecida como IBAD (*Ion Beam Assisted Deposition*), ou deposição assistida por feixe de íons usando duas fontes de íons do tipo Kauffman.

15 Nos dispositivos da micro/nano-eletrônica altos campos elétricos são necessários para a emissão de elétrons de catodos convencionais. Para catodos de metal planos convencionais, campos elétricos da ordem de centenas de volts/mícron ($V/\mu m$) são necessários para que a emissão dos elétrons seja iniciada, esta voltagem relativa aos campos elétricos é conhecida como tensão de emissão, E_{th} (*threshold field*). Assim,

20 nesses dispositivos, pontas de metal, no formato de cones (*spindt tips*) em escala de nanômetros, têm sido usadas para concentrar o campo e com isto obter mais facilmente a emissão de elétrons. Essas pontas de metal (*spindt tips*), apesar de serem usadas na produção de telas de pequenas áreas, como descreve a patente US 5.277.067-A, ainda

são difíceis de serem produzidos em grandes áreas, além de ser uma tecnologia muito cara.

Os Filmes de carbono amorfos (a-C) têm atraído muita atenção, para a confecção de dispositivos eletrônicos devido, à sua habilidade de emitir elétrons com a aplicação de campos elétricos relativamente baixos ($< 40 \text{ V}/\mu\text{m}$). A capacidade do carbono amorfo (a-C) de emitir elétrons em baixos campos permite que este material seja utilizado nos dispositivos e desenvolvido como catodos frios, os quais podem ser utilizados em telas planas, facilitando a sua utilização, a sua deposição em substratos, a formação de filmes finos, e ainda possibilitando uma grande gama de aplicações.

Algumas estruturas especiais de carbono, tais como os nanotubos de carbono, têm evidenciado baixos campos para a emissão de elétrons, e têm sido utilizados como dispositivos emissores de campo, como descreve a patente EP 1102299-A1. Entretanto, nenhum destes materiais tem demonstrado uma dependência eletrônica, para emissão de elétrons ou condutividade elétrica, em função da pressão aplicada.

Para se fabricar um sensor de pressão, pode-se utilizar um dispositivo básico similar ao apresentado na patente US 5.567.882-A, onde o material utilizado para o catodo é depositado em um diafragma. À medida que o diafragma é flexionado por alguma pressão, a distância entre o emissor de campo e o eletrodo é variada e desta forma pode haver ou não emissão de elétrons dependendo do valor dessa distância. Esta variação pode ser utilizada para se determinar a pressão após a calibração, de forma a se obter uma determinada emissão de elétrons para uma determinada pressão aplicada, obtendo-se assim, dispositivos sensores e ou emissores. Na presente patente, desenvolveu-se dispositivos contendo um material à base de carbono sensível à pressão. O uso deste fenômeno para aplicações em dispositivos que usam cerâmicas piezelétricas

pode também ser consideradas, e incluídas nesta invenção, ou seja, variações induzidas por pressão de propriedades eletrônicas e vice-versa.

Estes novos dispositivos contêm filmes de um material à base de carbono, onde esse filme é composto de pequenos aglomerados, em escala de nanômetro, (nanoaglomerados – ou *nanocluster*) de carbono cristalino, envolto por uma matriz amorfa, os quais serão chamados de nC a-C. Trata-se, portanto, de um material cujas propriedades eletrônicas, tais como a emissão de campo e a condutividade elétrica, são dependentes da pressão. Os filmes de nC a-C, depositados e/ou dispostos nos dispositivos, podem ser preferencialmente preparados pela técnica de deposição conhecida como IBAD (*Ion Beam Assisted Deposition*), ou deposição assistida por feixe de íons usando duas fontes de íons do tipo Kauffman.

A seguir faz-se referência às Figuras que acompanham este relatório descritivo, para melhor entendimento e ilustração do mesmo, onde se vê:

A FIGURA 1 mostra, um esquema do Sistema de deposição IBAD (ion beam assisted deposition) utilizado para a deposição dos filmes de nC a-C.

A FIGURA 2 mostra, a variação do Stress compressivo intrínseco em função da energia de bombardeamento da superfície com os gases nobres utilizados.

A FIGURA 3 mostra, imagens STM de filmes de nC a-C com energia de bombardeamento da superfície com argônio de (a) 0 eV, (b) 70 eV, (c) 400 eV and (d) 650 eV.

A FIGURA 4 mostra, a imagem HRTM de franjas de cristais de nanopartículas de carbono circundado por uma matriz de carbono amorfo.

A FIGURA 5 mostra, a relação da dependência da resistividade dos filmes com o stress intrínsecos da matriz de nC a-C.

A FIGURA 6 mostra, uma vista de topo e lateral do dispositivo sensor de pressão proposto, baseado na dependência da condutividade elétrica em função da pressão aplicada.

5 A FIGURA 7 mostra, a relação de variação do campo de emissão para emissão de elétrons E_{th} com o stress intrínseco.

A FIGURA 8 mostra, um esquema de um dispositivo sensor de pressão, conforme proposto, baseado na dependência da emissão de campo com a pressão aplicada.

10 A FIGURA 9 apresenta resultados demonstrando o controle da corrente de emissão de campo pela aplicação de pressão externa

Os sensores de pressão e fontes de elétrons à base de carbono controlados por pressão, objeto da presente patente, tratam-se de dispositivos micro-nano-eletrônicos, compostos com filmes de carbono amorfo nanoestruturado, os quais apresentam propriedades eletrônicas, como a emissão de campo e a condutividade
15 elétrica, dependentes da pressão aplicada no filme, isto devido às propriedades estruturais do filme.

O carbono amorfo nanoestruturado, utilizado nos dispositivos aqui propostos, é basicamente composto por nanoaglomerados sp^2 grafiticos. Devido à presença desses nanoaglomerados sp^2 grafiticos, sendo submetidos a uma alta pressão
20 interna assimétrica, dentro do filme contido nos dispositivos, nota-se uma variação na estrutura de banda do filme “empurrando” os elétrons para fora do material. Acreditando-se que o aumento da pressão interna, ou seja, ocorrendo um alto stress compressivo, dentro da matriz nC a-C, leva-se a uma diminuição significativa da resistividade do mesmo e conseqüentemente a um aumento da condutividade. É

importante mencionar que a resistividade R_s de 0,002 Ohm.cm é comparável à resistência de folha observada na orientação do eixo-c de grafite cristalino. Esta diminuição da resistividade está de acordo com experimentos de pressão hidrostática medidos em filmes de a-C, onde tem sido mostrado que a pressão reduz a resistividade, conseqüentemente
5 aumenta a condutividade.

O efeito do aumento do stress interno pode também ser muito importante na estrutura de banda/densidade de estados de filmes sp^2 grafiticos. Tendo-se os aglomerados sp^2 mais próximos um dos outros, o intervalo de energia entre as bandas π e π^* pode diminuir muito, podendo em alguns casos até se superpor. A diminuição do
10 intervalo de energia e a ocorrência de superposição das bandas π e π^* , indica a principal razão para o aumento da condutividade elétrica com a pressão. Os espaçamentos entre os aglomerados sp^2 "eixo-c" são provavelmente menores do que os espaçamentos do grafite cristalino e mais parecidos com uma rede grafitica tridimensional (3D). Com a pressão estes aglomerados são orientados randomicamente, com tensões altamente
15 localizadas, alterando sua estrutura de bandas, dando origem a um novo fenômeno que tem efeitos benéficos no processo de emissão de elétrons. Estas nano-regiões à base de ligações sp^2 apresentam ter estruturas de banda altamente localizadas quando sujeitas a alto stress. Uma diminuição da distância interplanar pode levar a um aumento na superposição entre a banda de valência e a banda de condução, devido ao aumento da
20 concentração eletrônica e/ou um aumento no potencial eletroquímico. Isto resulta em um aumento significativo na densidade de estados em torno do nível de Fermi. Este processo origina uma força que empurra ainda mais os elétrons para próximo do nível de Fermi, podendo assim, ter uma maior probabilidade de escaparem mais facilmente através de uma redução da barreira de potencial para o vácuo na matriz de a-C. Os baixos valores

de E_{th} observados no material, aqui apresentado para elaboração de filmes em dispositivos, explicam-se examinando-se a influência do stress intrínsecos nos aglomerados maiores e densos. Desta forma, observa-se que o stress induz um aumento de campo não geométrico dentro do filme, colocando os aglomerados mais próximos um dos outros.

As características intrínsecas relativas às propriedades estruturais e de comportamento em determinadas situações dos filmes de carbono amorfo nanoestruturados, obtidos nesta invenção, são amplamente estudadas e comentadas a seguir:

10 A Figura 1 mostra um esquema do sistema utilizado, para o crescimento e/ou deposição dos filmes de carbono amorfo nanoestruturados, aqui apresentado, numa escolha preferencial de utilização da técnica de e IBAD, onde os gases nobres neônio, argônio, criptônio e xenônio foram utilizados nas duas fontes Kauffman, que é um canhão de íons. Uma das fontes Kauffman é usada para pulverizar (*sputtering*) um alvo de grafite, enquanto que a outra fonte é utilizada para assistir a deposição, 15 bombardeando a superfície do filme (*ion bombardment*) simultaneamente à deposição. Isto permite ter um controle independente das espécies e do fluxo de íons usados para transferir momento para a superfície do filme em crescimento. O alvo de grafite, então é pulverizado com um feixe de íons com 1500 eV de energia. Todos os filmes são 20 preparados a 150°C, aplicando-se um feixe de bombardeamento da superfície com energia variando entre 0 e 800 eV. A pressão base da câmara de preparação antes da deposição é controlada e mantida em aproximadamente 10^{-5} Pa, e durante a deposição a pressão é mantida constante em 6×10^{-2} Pa. O stress conseguido nos filmes depende da energia de bombardeamento, como se vê na Figura 2, que mostra que, através do

controle da energia do feixe de bombardeamento, pode-se variar a pressão interna do filme na faixa de 1 GPa até cerca de 12 GPa.

Imagens STM (*Scanning Tunneling Microscopy*) dos filmes de nC a-C crescido com gás de argônio e com energia de bombardeamento de (a) 0 eV, (b) 70 eV, 5 (c) 400 eV e (d) 650 eV foram examinadas, como mostradas Figura 3. Estas imagens revelam as principais estruturas do material dos filmes de carbono nanoestruturado para confecção de dispositivos, desenvolvido e proposto, nesta patente.

Nestas imagens as nanoestruturas altamente condutoras são observadas na superfície dos filmes. A forma e o tamanho das nanoestruturas são dependentes da 10 energia de bombardeamento do gás de argônio. Como pode ser observado na Figura 3a, sem energia de bombardeamento (0 eV), as estruturas são pequenas e localizadas de forma randômica, com as nanoestruturas tornando-se maiores e mais densas enquanto a energia de bombardeamento aumenta para 70 eV (Fig. 3b). Com energia de bombardeamento de 400 eV, a densidade das nanoestruturas aumenta ainda mais e 15 tornam-se menores e bem alinhadas, isto pode ser observado na Figura 3c. Entretanto, na energia de maior bombardeamento usada (650 eV), os íons de bombardeamento se tornam muito energético e causam a quebra das nanoestruturas, distribuindo-as de forma randômica e menores, sendo similares às estruturas observadas com energia de bombardeamento igual a zero, pode-se observar esse fenômeno na Figura 3d. Nota-se 20 que o alto stress e o aumento na densidade dos elétrons de valência nas regiões ricas em ligações sp^2 também dá origem a algum contraste observado nos mapas das imagens de STM dos filmes obtidos, alterando a condutividade dos aglomerados nanoestruturados ricos em sp^2 . Deve-se notar que as nanoestruturas densas são formadas nos filmes com mais alta densidade e alto stress (29,5 eV e 12 GPa, respectivamente). Em concordância

com os resultados de STM, a presença de partículas nanocristalinas também é identificada por HRTEM (*High Resolution Transmission Electron Microscopy*). A figura 4 mostra as franjas cristalinas dos nanoaglomerados de carbono envoltos por uma matriz de carbono amorfo, assim apresentando as características morfológicas dos filmes.

5 As análises estruturais dos filmes de nC a-C por XPS, a densidade dos filmes por RBS e o espalhamento Raman, indicam que o material consiste de uma rede sp^2 altamente comprimida e densa. Além disso, os dados do topo de valência medidos por UPS (*Ultraviolet Photoemission Spectroscopy*) e as medidas da banda proibida dão
10 características estão de acordo com os altos valores de ligações sp^2 (~90 %) obtidos por EELS (*Electron Energy Loss Spectroscopy*), para todas as amostras.

Uma das características mais importantes dos filmes de nC a-C sujeitos a esta variação de stress é a dependência da condutividade com a pressão, mostrada na Figura 5, que pode ser utilizada para medir pressão mecânica. Esta característica pode
15 assim ser utilizada para a fabricação de sensores de pressão baseados na dependência da condutividade dos filmes com a tensão ou pressão aplicadas. A figura 6 mostra um diagrama esquemático de um possível dispositivo usando e aproveitando esta característica, onde um filme de nC a-C é depositado numa membrana flexível. Dois contatos metálicos colocados paralelamente, cerca de um milímetro de distância um do
20 outro, por exemplo, podem ser utilizados para a medida da resistência do filme. À medida que a curvatura do substrato é variada, devido à aplicação de pressão, a resistência do filme varia. Esta variação é relacionada com a pressão aplicada, e assim pode ser usada para determinar a pressão aplicada.

Outra característica importante dos filmes nC a-C desenvolvidos é a influência do stress na emissão de campo, esquematizada na Figura 7, onde a pressão interna do filme controla o processo de emissão. Como podemos observar através da Figura 7, à medida que o stress intrínseco aumenta, há uma grande queda do limite de emissão (E_{th}), atingindo valores tão baixos quanto $8V/\mu m$ para uma energia de bombardeamento de 400 eV, quando é utilizado para argônio. O valor de $8 V/\mu m$ é da mesma ordem daqueles encontrados para materiais de carbono ricos em ligações sp^3 , como o diamante CVD ou filmes de carbono tetraedricamente coordenados (ta-C). É importante enfatizar que o valor mais baixo de E_{th} é observado nos filmes com o maior valor de stress (~ 12 GPa) e maior densidade eletrônica (*plasmon* de $\sim 29,5$ eV). Além disso, as imagens STM também mostram que em 400 eV para argônio, isto quando os aglomerados mais densos são observados, o menor valor de E_{th} é observado, como mostra a Figura 3.

O efeito acima citado, pode ser utilizado para fabricar, por exemplo, um dispositivo sensor de pressão. A figura 8 mostra um diagrama esquemático de um possível dispositivo elaborado com esta técnica e apresentando estas características. Este dispositivo é composto de um filme de nC a-C depositado em um material sólido, lâmina A. O outro eletrodo, lâmina B, é composto de um material condutor paralelo ao filme, separado por poucos micros (aproximadamente $50 \mu m$). Ambas as lâminas estão colocadas dentro de um cilindro oco em baixa pressão, da ordem de 10^{-6} torr. Quando uma força, ou pressão, é exercida na lâmina A, o campo de emissão E_{th} do nC a-C varia, fato que pode ser usado para calcular a própria pressão exercida. A figura 9 mostra os resultados das medidas onde a corrente de elétrons para emissão de campo é controlada pela aplicação de uma pressão externa no sistema filme/substrato, neste caso apresenta

uma curvatura bem conhecida. Uma varredura de corrente eletrônica maior é otimizada nos filmes com stress intrínsecos menores (<3 GPa).

Assim, como exemplos possíveis de dispositivos de ordem prática e aplicação imediata desta técnica de elaboração de novos dispositivos eletro-eletrônicos, a seguir, apresenta-se a descrição da configuração e funcionamento do dispositivo sensor de pressão e do dispositivo de emissão de campo, propostos.

O sensor de pressão esquematizado na figura 6 pode ser operado facilmente. A pressão, ou força, deve ser aplicada na lâmina contendo o filme de nC a-C. Devido à pressão, esta lâmina será torcida, variando assim sua curvatura. Assim o filme depositado na lâmina será tensionado, variando seu comprimento devido ao aumento do perímetro na superfície do substrato. Como consequência, a condutividade do filme variará, como pode ser observado na Figura 5. A resistência do intervalo entre os contatos será então medida usando, por exemplo, um Homímetro ou mesmo um sistema de quatro pontas. A resistividade pode ser obtida sabendo-se a geometria do filme. Assim, pode-se determinar a pressão aplicada usando a relação de resistência em função da pressão, o que requer um procedimento prévio de calibração para se obter valores absolutos de pressão.

O dispositivo de emissão de campo também pode ser utilizado para medir pressão. No esquema da Figura 8, o filme é depositado numa lâmina sólida com um lado em alto vácuo e o outro lado exposto à atmosfera. A curvatura da lâmina A variará de acordo com a pressão aplicada, enquanto o stress do filme varia a tensão E_{th} , conseqüentemente a corrente de emissão também varia. Assim, usando-se um procedimento prévio de calibração, pode-se medir o valor da corrente de emissão para obter-se o valor absoluto da pressão no lado esquerdo.

Os dois principais dispositivos, aqui propostos, como possíveis concretizações de dispositivos que utilizam filmes de carbono amorfo nanoestruturado, possuem algumas vantagens sobre outros dispositivos sensores de pressão, entre as quais podem-se citar. Esses dispositivos são fabricados com carbono amorfo, que é um material altamente inerte, de forma que pode ser utilizado em alguns ambientes agressivos, tais como em água salgada, e em alguns ácidos, bases e solvente; O material que constitui o filme de carbono tem um valor de emissão de campo E_{th} muito baixo, onde esse valor é muito menor do que os de *spindt tips* que são usados atualmente; Devido ao baixo valor de E_{th} os filmes de nC a-C podem ser usados como catodos frios; Os filmes são preparados com tecnologia limpa, usando apenas carbono, que não é tóxico e é muito abundante na natureza. Além disso, os filmes podem ser depositados em baixas temperaturas, de 150°C ou menores, e em praticamente qualquer tipo de substrato como vidros, polímeros, cristais, plásticos, papel, etc.; Os pequenos dispositivos, de alguns milímetros, podem ser fabricados com tecnologia relativamente simples, usando-se tecnologia mais sofisticada pode-se, em princípio, desenvolver dispositivos de alguns micros de tamanho usando o mesmo mecanismo de funcionamento físico aqui apresentado.

Os Filmes de carbono amorfo nanoestruturado podem ser utilizados também para confecção de outros tipos de dispositivos diferentes, que não os aqui propostos, porém com algumas das características predominantes. Os Filmes de nC a-C, podem ser depositados em substratos apropriados para serem utilizados como sensores de pressão baseados na variação da condutividade, onde esses substratos incluem filmes metálicos, silício e filmes plásticos, a Figura 6 apresenta uma possível forma de realização deste dispositivo.

Esses filmes podem ser também utilizados, para confecção de fontes de elétrons sensíveis à pressão, a Figura 8 apresenta uma possível forma de realização desse dispositivo. Neste caso, usando-se um microcantilever como uma chave mecânica. O movimento no cantilever chaveia a fonte de elétron ON/OFF. Podem ser usados como display de tela pelo toque das mãos, obtidos depositando filmes nC a-C em substratos plásticos. Também podem ser usados como fonte de luz sensível à pressão, tendo um layout com nC a-C/isolante/fósforo, que funciona forçado pela emissão de elétrons através do isolante para emitir luz na camada de fósforo. E podem ser ainda, usados em aplicações em piezelétricos e transdutores. Com uma infinidade de aplicações em dispositivos ainda em aberto.

Assim, pelas características aqui apresentadas, como o funcionamento inédito, as facilidades de obtenção e a grande aplicabilidade e as vantagens, pode-se notar claramente que o “PROCESSO DE OBTENÇÃO DE SENSORES DE PRESSÃO E FONTES DE ELÉTRONS À BASE DE CARBONO E CONTROLADOS POR PRESSÃO, E MATERIAL DE CARBONO OBTIDO PARA CONFECÇÃO DOS DISPOSITIVOS”, objetos da presente patente, revestem-se de condições para merecer o Privilégio de Patente de Invenção.

REIVINDICAÇÕES

1 – “PROCESSO DE OBTENÇÃO DE SENSORES DE PRESSÃO E FONTES DE ELÉTRONS À BASE DE CARBONO E CONTROLADOS POR PRESSÃO, E MATERIAL DE CARBONO OBTIDO PARA CONFECÇÃO DOS DISPOSITIVOS”, dispositivos eletro-eletrônicos, em geral, especialmente sensores de pressão, emissores de campo e fontes de elétrons, controlados por pressão e para outras aplicações potenciais, *caracterizados por* serem dispositivos onde os mesmos são confeccionados com um material a base de carbono, chamado de *carbono amorfo nanoestruturado*, cujas propriedades eletrônicas, tais como a emissão de campo e a condutividade elétrica, são dependentes da pressão; onde esses dispositivos são compostos por filmes de carbono amorfo nanoestruturado ou nC a-C; e onde os filmes de nC a-C podem ser depositados em substratos apropriados para serem utilizados como sensores de pressão baseados na variação da condutividade, fontes emissoras de elétrons, ou outros tipos de dispositivos, onde esses substratos incluem filmes metálicos, de Silício e filmes plásticos e/ou outros

2 – “PROCESSO DE OBTENÇÃO DE SENSORES DE PRESSÃO E FONTES DE ELÉTRONS À BASE DE CARBONO E CONTROLADOS POR PRESSÃO, E MATERIAL DE CARBONO OBTIDO PARA CONFECÇÃO DOS DISPOSITIVOS”, material de carbono amorfo nanoestruturado para confecção de dispositivos eletro-eletrônicos, em geral, especialmente sensores de pressão, emissores de campo e fontes de elétrons, ou emissores de campo, controlados por pressão e para outras aplicações potenciais, *caracterizado por* ser um material obtido preferencialmente pela técnica de deposição conhecida como IBAD (*Ion Beam Assisted Deposition*), ou deposição assistida por feixe de íons usando duas fontes de íons to tipo

Kauffman formando um filme; onde o carbono amorfo nanoestruturado, é basicamente composto por nanoaglomerados sp^2 grafíticos, sendo submetidos a uma alta pressão interna assimétrica, dentro do filme, de forma a ocorrer um alto stress compressivo dentro da matriz nC a-C, levando a uma diminuição significativa da resistividade do material e conseqüentemente a um aumento da condutividade elétrica em função de uma determinada pressão aplicada, e também levando a uma influência desse stress na emissão de campo, onde a pressão interna do filme controla o processo de emissão.

3 – “PROCESSO DE OBTENÇÃO DE SENSORES DE PRESSÃO E FONTES DE ELÉTRONS À BASE DE CARBONO E CONTROLADOS POR PRESSÃO, E MATERIAL DE CARBONO OBTIDO PARA CONFECÇÃO DOS DISPOSITIVOS”, de acordo com a reivindicação 1, dispositivos sensores de pressão, *caracterizados por* serem basicamente compostos de um filme de nC a-C, depositado em um material sólido, lâmina A, com sendo um eletrodo, e o outro eletrodo, lâmina B, sendo composto de um material condutor paralelo ao filme de nC a-C, separado por poucos micros, onde ambas as lâminas estão colocadas dentro de um cilindro oco em baixa pressão, de forma que quando uma força, ou pressão, é exercida na lâmina A, o campo de emissão E_{th} do nC a-C varia, de acordo com a pressão exercida.

4 – “PROCESSO DE OBTENÇÃO DE SENSORES DE PRESSÃO E FONTES DE ELÉTRONS À BASE DE CARBONO E CONTROLADOS POR PRESSÃO, E MATERIAL DE CARBONO OBTIDO PARA CONFECÇÃO DOS DISPOSITIVOS”, de acordo com a reivindicação 1, dispositivos de emissão de campo, *caracterizados por* poder serem utilizados para medir pressão, onde o filme de nC a-C é depositado numa lâmina sólida com um lado em alto vácuo e o outro lado exposto à atmosfera, de forma que a curvatura da lâmina A variará de acordo com a pressão

aplicada, e enquanto o stress do filme varia a tensão E_{th} , a corrente de emissão também varia; podendo-se medir o valor da corrente de emissão para obter-se o valor absoluto da pressão no lado esquerdo, após um procedimento prévio de calibração.

5 – “PROCESSO DE OBTENÇÃO DE SENSORES DE PRESSÃO E
5 FONTES DE ELÉTRONS À BASE DE CARBONO E CONTROLADOS POR
PRESSÃO, E MATERIAL DE CARBONO OBTIDO PARA CONFECÇÃO DOS
DISPOSITIVOS”, de acordo com a reivindicação 1, dispositivos fontes de elétrons,
caracterizados por serem dispositivos sensíveis à pressão, que utilizam um
microcantilever como uma chave mecânica, onde o movimento no cantilever chaveia a
10 fonte de elétron ON/OFF; os quais podem ser usados como display de tela, ativados pelo
toque das mãos; sendo obtidos depositando filmes nC a-C em substratos plásticos; onde
também podem ser usados como fonte de luz sensível à pressão, tendo um layout com
nC a-C/isolante/fósforo, que funciona forçado pela emissão de elétrons através do
isolante para emitir luz na camada de fósforo; podendo ainda serem usados em
15 aplicações em piezelétricos e transdutores.

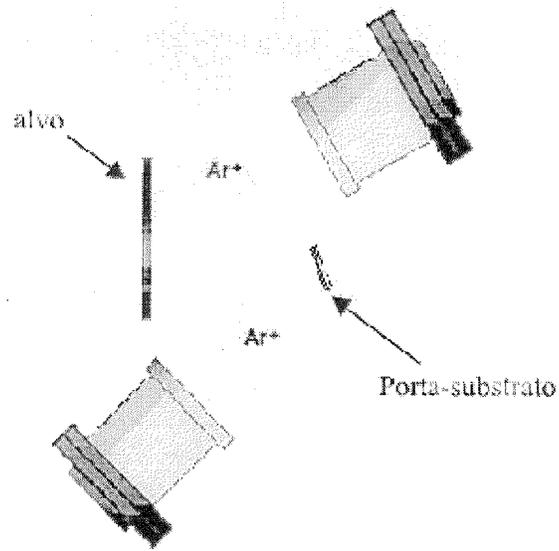


FIGURA 1

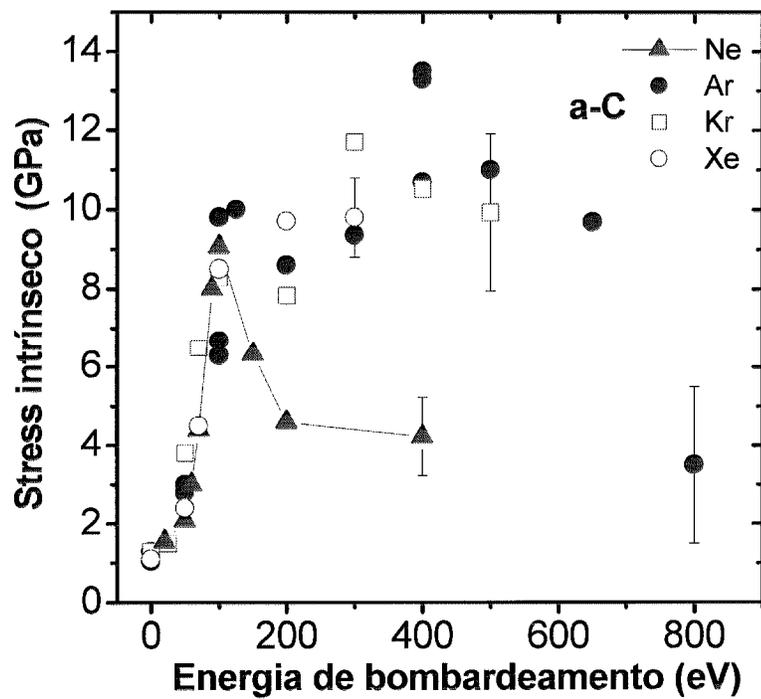


FIGURA 2

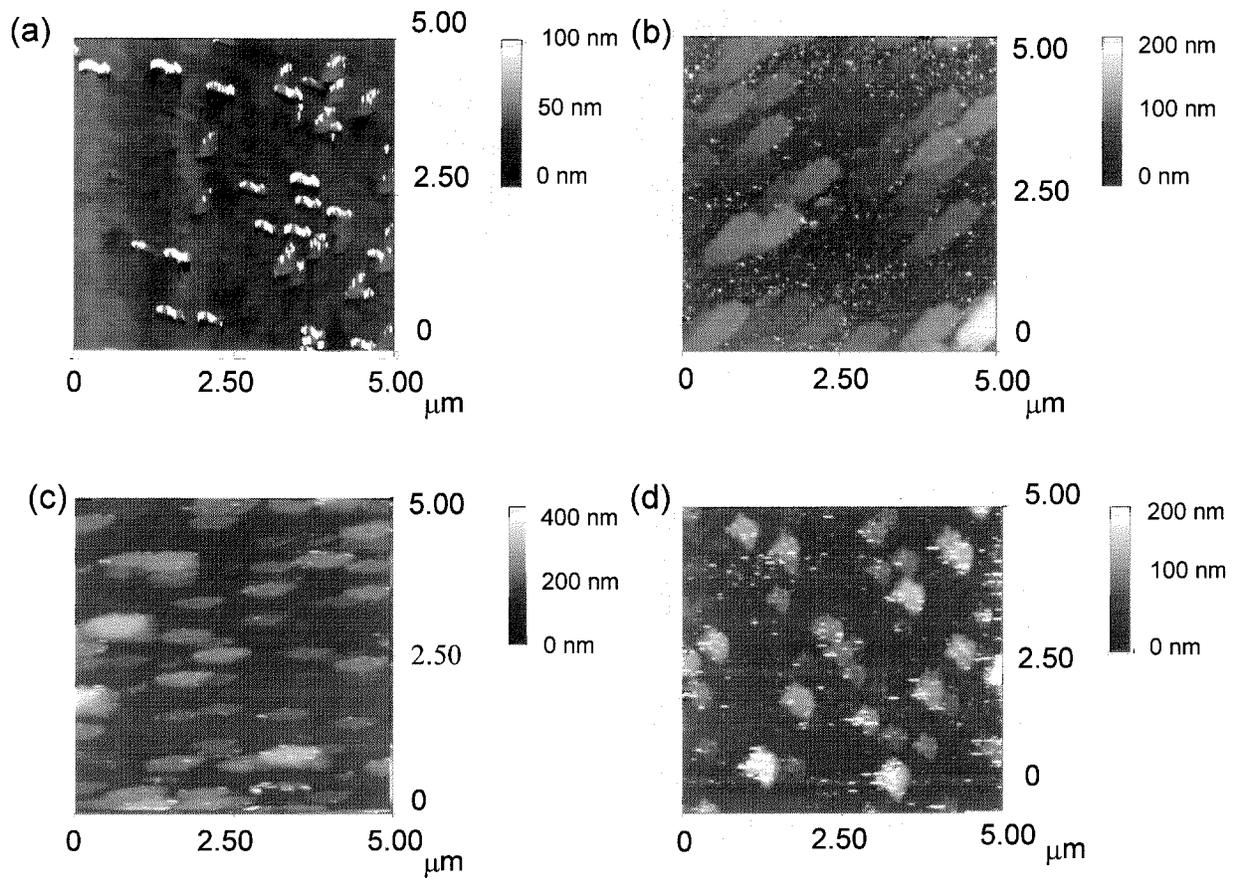


FIGURA 3

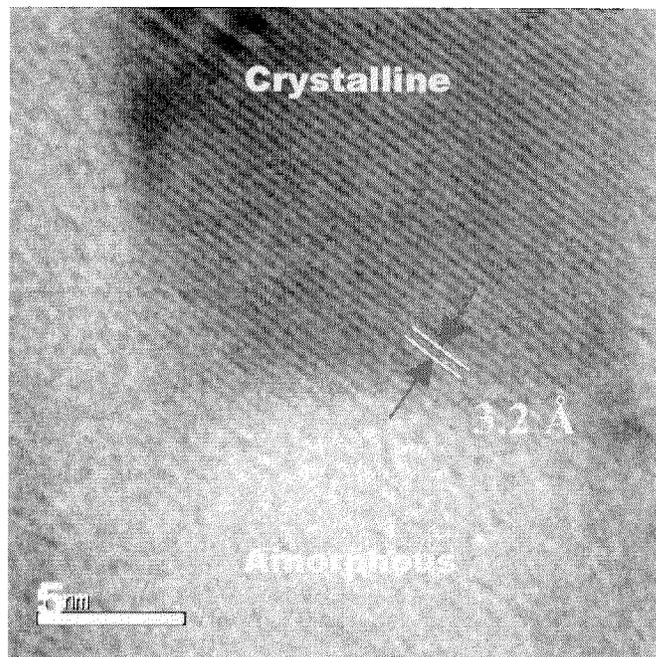


FIGURA 4

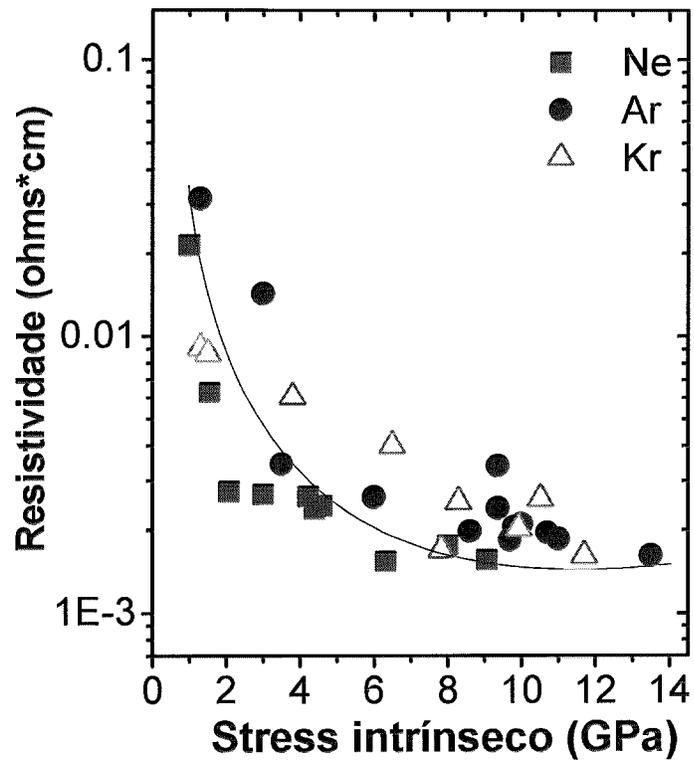
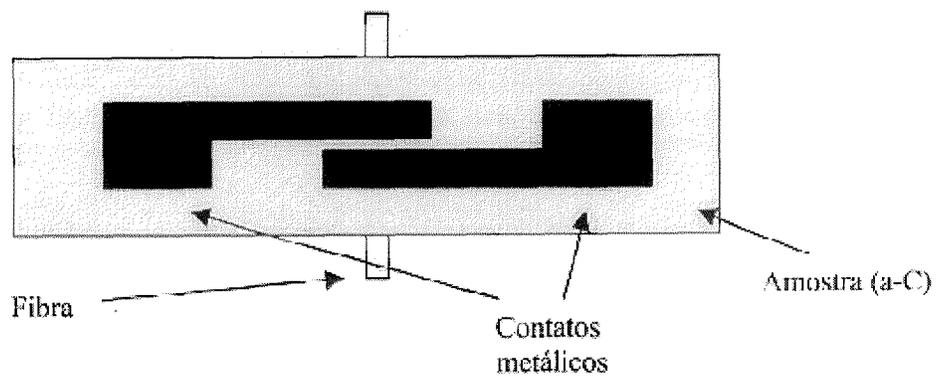
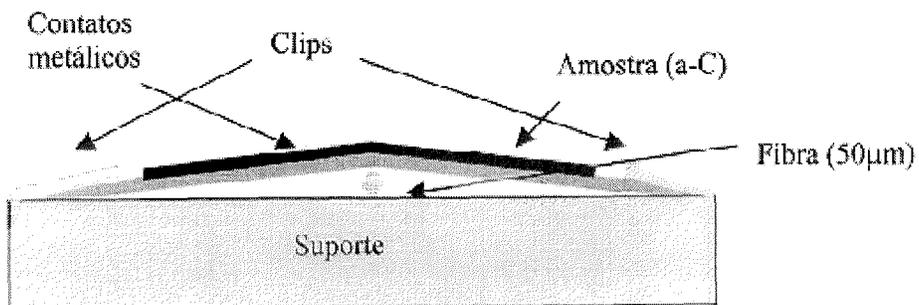


FIGURA 5



Vista de cima



Vista de lado

FIGURA 6

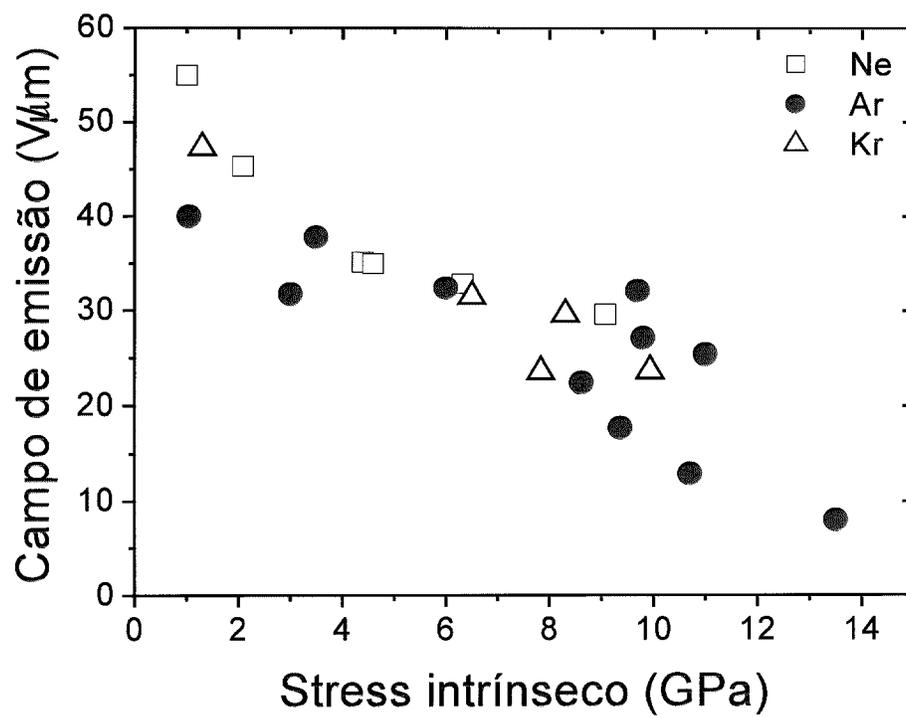


FIGURA 7

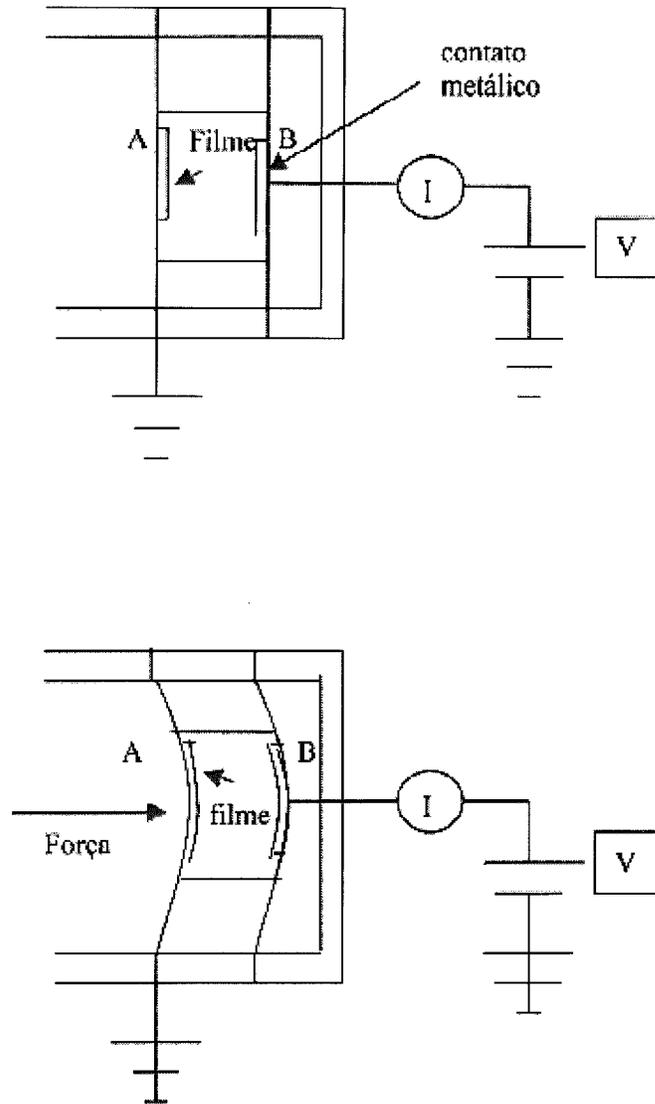


FIGURA 8

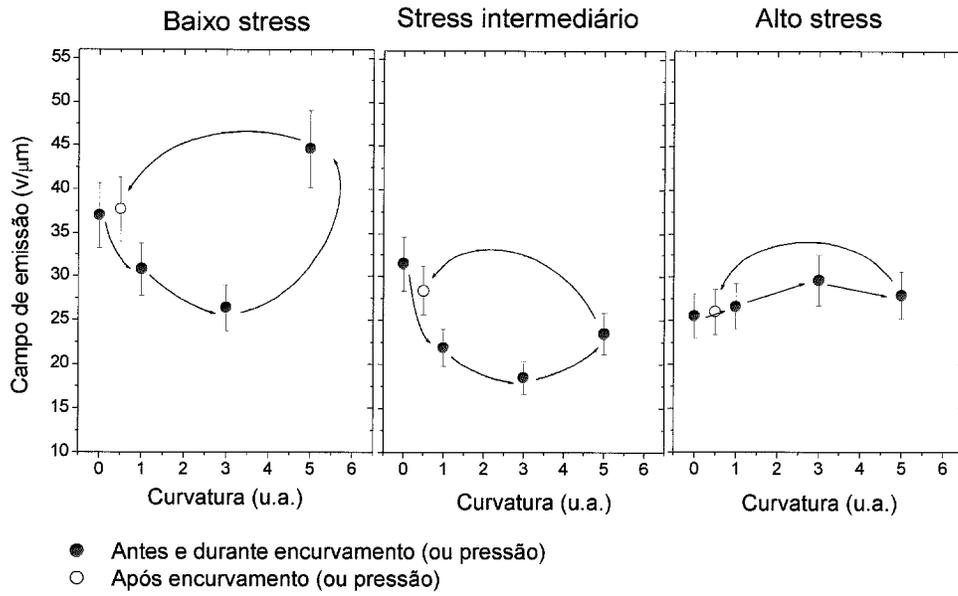


FIGURA 9

RESUMO

“PROCESSO DE OBTENÇÃO DE SENSORES DE PRESSÃO E FONTES DE ELÉTRONS À BASE DE CARBONO E CONTROLADOS POR PRESSÃO, E MATERIAL DE CARBONO OBTIDO PARA CONFECÇÃO DOS DISPOSITIVOS”. Processo de obtenção de novos dispositivos eletro-eletrônicos, em geral, especialmente sensores de pressão e fontes de elétrons controlados por pressão e outras aplicações potenciais, onde os dispositivos são confeccionados com um novo material a base de carbono, chamado de *carbono amorfo nanoestruturado*, cujas propriedades eletrônicas, tais como a emissão de campo e a condutividade elétrica, são dependentes da pressão, e onde os dispositivos são compostos por filmes de carbono amorfo nanoestruturado ou nC a-C, os quais podem ser preferencialmente preparados pela técnica de deposição conhecida como IBAD (*Ion Beam Assisted Deposition*), ou deposição assistida por feixe de íons usando duas fontes de íons do tipo Kauffman, e processo de obtenção de material carbono amorfo nanoestruturado ou nC a-C.