

1

Introdução

Neste capítulo descrevemos como a tese está estruturada, seus objetivos e as motivações para o estudo de filmes de carbono amorfo fluorados.

1.1

Carbono Amorfo

Nas últimas décadas tem havido um grande esforço da comunidade científica para o conhecimento e o desenvolvimento de novos materiais. Os materiais baseados em carbono têm sido bastante estudados pelas suas propriedades e variedade de formas, podendo variar do material de maior dureza conhecida (o diamante), até um material onde a presença de ligações fracas possibilita o seu uso na escrita (o grafite). Temos o carbono também em formas nanoestruturadas: os fullerenos e os nanotubos, estes últimos o material paradigmático da Nanociência e Nanotecnologia. Por último temos o carbono amorfo, uma forma do carbono sem ordem cristalina de longo alcance, porém com propriedades que podem ser moldadas para as mais diversas aplicações tecnológicas. Dependendo da técnica usada para a deposição do filme de carbono e dos parâmetros utilizados podemos sintonizar suas propriedades. Como exemplo de usos de filmes de carbono amorfo podemos citar revestimentos para discos rígidos magnéticos de computador, para lâminas de barbear, para janelas de infra-vermelho, dentre outros.

Essas diversas formas do carbono se diferenciam pela sua forma estrutural. O diamante possui uma estrutura cúbica de face centrada com dois átomos na base unidos por ligações covalentes entre átomos de carbono com hibridizações sp^3 . O grafite possui uma estrutura hexagonal plana com os átomos ligados por ligações covalentes com hibridização sp^2 . Esses planos são interligados entre si por forças de interação de Van der Waals (Fig.1.1).

Os fullerenos e os nanotubos são estruturas de carbono formadas por ligações com hibridizações sp^2 organizados de forma que a estrutura se fecha em si mesma. A estrutura de carbono chamada de fullereno tem um formato

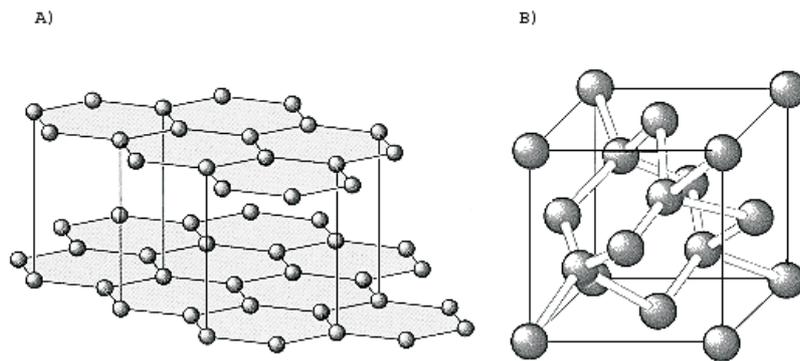


Figura 1.1: A)Grafite, B)Diamante

esférico com 60 átomos de carbono e os nanotubos tem formato tubular, como se fosse uma folha de grafite enrolada [1] (Fig.1.2).

O carbono amorfo não tem uma estrutura bem definida, constituindo-se de átomos de carbono unidos por ligações com hibridizações sp^2 e sp^3 , sem um parâmetro de rede definido, onde a relação entre a quantidade de átomos com hibridização sp^2 ou sp^3 depende do modo com que o filme de carbono é depositado.

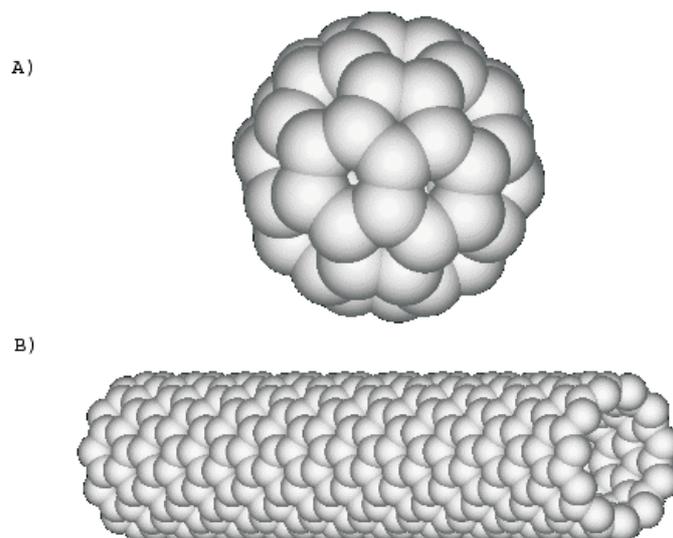


Figura 1.2: A)Fulereno, B)Nanotubo

1.2

Motivação e Objetivos

O objetivo desta tese é estudar a influência da incorporação de flúor em filmes de carbono amorfo hidrogenados (a-C:H), depositados pela técnica de Deposição Química na Fase Vapor Assistida por Plasma (PECVD) a partir dos gases C_2H_2 - CF_4 . A estabilidade desses filmes ao serem submetidos à temperaturas acima da ambiente também foi estudada.

A motivação para este trabalho foi a tentativa de se unir qualidades dos filmes de carbono amorfo com as características do Teflon[®], visando aplicações em revestimentos protetores com baixo coeficiente de atrito como, por exemplo, em micro dispositivos mecânicos. O carbono amorfo tem entre as suas principais características a sua elevada dureza (10-90 GPa) [2], ser quimicamente inerte e termicamente estável até 400°C [3,4]. Por outro lado, o Teflon[®] é um material macio, porém com coeficiente de atrito baixo e muito hidrofóbico [5]. Ou seja, ao combinar estes materiais queremos tentar produzir um filme duro e com coeficiente de atrito baixo.

Os filmes de carbono flúor foram bastante estudados durante a década de 90 [4,6–12]. Esses estudos estavam focados na obtenção de materiais com baixa constante dielétrica em substituição aos filmes de SiO_2 como isolantes de interconexões metálicas, causado pela maior integração dos dispositivos eletrônicos e o aumento na frequência de operação [9,13]. A necessidade de filmes com constante dielétrica k menor visa evitar alguns dos efeitos indesejáveis que a miniaturização e/ou aumento na frequência de operação causam como por exemplo: aumento na constante de tempo RC, efeitos de *crosstalk* (acoplamento do sinal de uma parte de um circuito em outra parte do circuito) e aumento potência dissipada ($p=CV^2f$, onde p =potência dissipada, C =capacitância, V =voltagem e f =frequência). A redução na constante dielétrica permitiria a minimização desses efeitos indesejados [13]. Diversos estudos foram feitos e obteve-se filmes com uma constante dielétrica adequada para essa substituição, porém sem estabilidade térmica necessária. Isso porque em etapas do processo de fabricação desses dispositivos o material é aquecido a temperaturas superiores a 400°C [3,4]. Os estudos mostraram que os filmes sofriam de um aumento na sua constante dielétrica ao serem submetidos ao aumento da temperatura, fazendo com que esse material deixasse de ser considerado para utilização na indústria de dispositivos eletrônicos.

Para o uso como revestimento protetores os filmes de carbono fluorados ficaram um pouco à margem visto que os filmes de carbono amorfo possuem propriedades tribológicas excelentes. O maior problema a ser solucionado é a dificuldade de adesão dos filmes as diversas superfícies possíveis. A

tensão interna desses filmes tem um valor bastante elevado (2-4 GPa) [14], fazendo com que eles tivessem facilidade de delaminar. Como solução para esse problema tecnológico, no início da década de 90 foi sugerida a incorporação de nitrogênio nos filmes reduzindo a sua interconectividade, o que resolveu em parte o problema da adesão [15]. Para entender melhor esse problema é necessário uma descrição dos mecanismos de deposição desses filmes, o que será feito adiante.

Nesta tese nos propusemos a depositar filmes de carbono flúor amorfo hidrogenados (a-C:F:H) utilizando os gases C_2H_2 e CF_4 variando a concentração relativa durante as deposições. Tratar termicamente uma série desses filmes e fazer a caracterização química, estrutural, mecânica e tribológica utilizando diversas técnicas nos filmes que serão descritas ao longo da tese.

1.3 Estrutura da Tese

Esta tese está dividida em 5 capítulos. No primeiro iniciamos com uma breve introdução aos filmes de a-C:H e a-C:F:H, falamos de suas potenciais aplicações, da importância do estudo desses filmes como revestimento protetores, os objetivos deste trabalho, e um breve resumo do que existe na literatura.

No segundo capítulo apresentamos uma revisão bibliográfica de filmes de carbono amorfo hidrogenado (a-C:H) e carbono amorfo hidrogenado e fluorado (a-C:F:H), discutimos os mecanismos de deposição, microestrutura e uma breve revisão dos principais trabalhos de filmes de carbono amorfo fluorados. Apresentaremos brevemente a técnica de Deposição Química na Fase Vapor Assistida por Plasma (PECVD).

O terceiro capítulo é dedicado à descrição das deposições de filmes de carbono amorfo fluorado variando a concentração dos gases C_2H_2 e CF_4 na atmosfera precursora da câmara. Neste capítulo descrevemos também o sistema de deposição utilizado e as técnicas empregadas para a caracterização no decorrer da apresentação dos resultados.

No quarto capítulo apresentamos os resultados das caracterizações feitas nos filmes após serem submetidos a tratamento térmicos em temperaturas variando de 200°C a 600°C.

As conclusões e perspectivas futuras de novos trabalhos são descritas no capítulo 5. No final da tese estão listadas as referências bibliográficas.