

# EFEITO DO RECOZIMENTO TÉRMICO SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DE FILMES DE SiC OBTIDOS POR PECVD

*M. A. Fraga<sup>1</sup>, M. Massi<sup>1</sup>, L. C.S. Góes<sup>1</sup>, S.G. dos Santos Filho<sup>2</sup>*

1. Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA

Laboratório de Plasma e Processos (LPP)

São José dos Campos – SP – Brasil

2. Universidade de São Paulo - USP

Laboratório de sistemas Integráveis (LSI)

São Paulo - SP- Brasil

E-mail: [mafraga@ita.br](mailto:mafraga@ita.br)

## RESUMO

O SiC é um semicondutor, com enorme potencial para uso em dispositivos para altas temperaturas e altas potências, que pode ser obtido na forma cristalina ou na forma amorfa. Neste trabalho os filmes de SiC foram depositados por PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) a temperatura ambiente sobre substrato SOI (Silicon-On-Insulator). Os filmes obtidos foram caracterizados por: Difração por raios-X (XRD), Retroespalhamento de Rutherford (RBS) e Perfilometria. Os resultados obtidos por XRD mostraram que os filmes depositados apresentaram características típicas de material amorfo. Para tornar a estrutura do filme de SiC cristalina foi realizado o processo de recozimento em ambiente de N<sub>2</sub> durante 30 min nas seguintes temperaturas: 700°C, 900°C e 1100°C.

## 1. INTRODUÇÃO

Os métodos para obtenção de filmes de SiC sobre diferentes tipos de substratos se desenvolveram acompanhando a evolução das técnicas de microfabricação baseadas em silício. Filmes de SiC mono ou policristalino são obtidos por técnicas que utilizam temperaturas superiores à 1000°C como o CVD (Chemical Vapor Deposition), MBE (Molecular Beam Epitaxy) e ECR (Electron Cyclotron Resonance). As altas temperaturas envolvidas nestas técnicas, geralmente, inviabilizam o processamento desses filmes em conjunto com processos convencionais de microeletrônica. Uma alternativa para este problema é a utilização de técnicas assistidas por plasma como PECVD e Sputtering que possibilitam a obtenção de filmes de SiC a baixas temperaturas (inferiores a 400°C). Contudo, os filmes de SiC obtidos por estas técnicas são amorfos e apresentam propriedades distintas das do filme cristalino. Publicações recentes [1-2] mostram que a estabilidade química do SiC amorfo é semelhante ao SiC

cristalino. Além disso, o filme amorfo apresenta menor stress. Estas características apresentadas pelo filme amorfo justificam o crescente interesse na aplicação deles na fabricação de dispositivos MEMS (Micro Electrical Mechanical Systems). Atualmente, as técnicas para obtenção de SiC estão bastante consolidadas, por isso, está sendo desenvolvida uma microeletrônica baseada neste material visando aplicações onde o uso do silício não é apropriado como em ambientes corrosivos. Outra vantagem da utilização de SiC na fabricação de dispositivos é que seu óxido nativo é o SiO<sub>2</sub> que atua como: camada passivadora em porta dielétrica em estruturas MOS e máscara em processos

## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O sistema de PECVD utilizado é composto por uma câmara de deposição de aço inoxidável em forma cilíndrica. O volume total da câmara é de 25 litros. Os substratos são colocados sobre um catodo de aço inoxidável de 6,5 cm de diâmetro, refrigerado com água. Isto permite a deposição de filmes de SiC praticamente a temperatura ambiente. O catodo está ligado por meio de um casador de impedâncias à fonte de rádio frequência (13,56 MHz). O sistema de vácuo é composto por duas bombas, uma difusora e uma mecânica, estão acopladas à câmara de deposição permitindo obter pressões de fundo da ordem de 10<sup>-6</sup> Torr. Os fluxos dos gases são regulados por controladores de fluxo de massa devidamente calibrados para cada gás. Como parte deste sistema de deposição, também são utilizados medidores de pressão do tipo Pirani e de membrana capacitiva, geradores de R.F. e um amplificador de R.F.. Os filmes de SiC foram depositados sobre substrato SOI (Silicon-On-Insulator). A lâmina SOI utilizada consiste de uma camada superficial de silício, tipo P, com 200nm de espessura separada do substrato por 400nm de SiO<sub>2</sub> (BOX). A espessura total da lâmina é de 500µm. Os substratos foram limpos em acetona com ultra-som por 5 min e em

seguida foram colocados na câmara de deposição onde permaneceram 5 min em ambiente de argônio. As deposições foram realizadas com os seguintes parâmetros: o fluxo de silano 4 sccm, fluxo de argônio (20 sccm), fluxo de metano (20 sccm), pressão de trabalho (0.2 Torr) e o tempo de deposição 15min.

### 3. RESULTADOS

Como esperado, os filmes depositados apresentaram característica amorfa, já que se trabalhou a temperatura ambiente. A Figura 1 mostra o espectro do filme de SiC obtido. O pico que aparece é relativo ao substrato de silício.

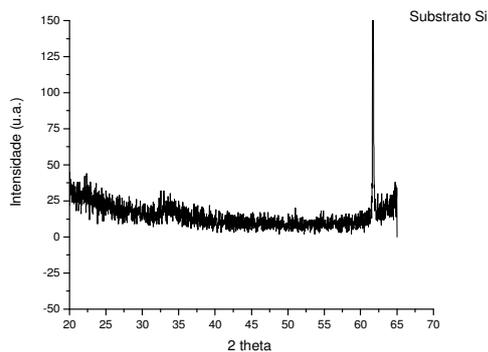


Figura 1 .Espectro XRD do filme de SiC como depositado.

Foi iniciado um estudo a respeito do efeito do recozimento sobre as propriedades cristalográficas dos filmes depositados. O processo de recozimento foi realizado em ambiente de N<sub>2</sub> em diferentes temperaturas: 700°C, 900°C e 1100°C. Nota-se que após o processo de recozimento o filme exibe pico em ~32° que é associado à SiC (100). Este pico também apareceu nas amostras que foram recozidas a 700°C e a 900°C. Os espectros obtidos por RBS (Figura 3) mostraram a quantidade de Si e C nos filmes, respectivamente, 23% e 77%. A técnica de perfilometria foi utilizada para determinar a espessura e a taxa de deposição do filme. Os filmes obtidos apresentaram uma espessura média de 480 nm e uma alta taxa de deposição (32 nm/min).

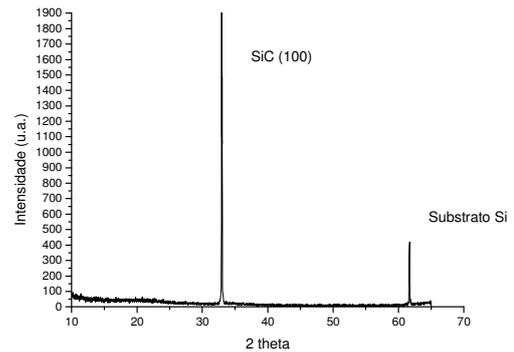


Figura 2. Espectro XRD após recozimento em 1100°C.

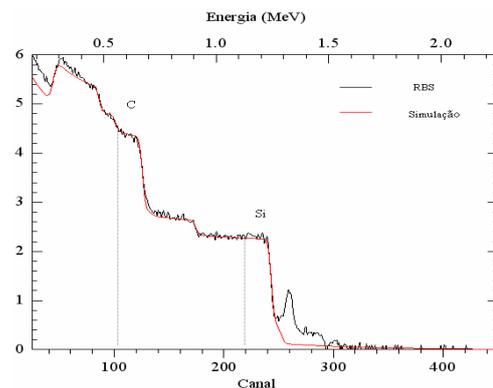


Figura 3. Espectro RBS do filme de SiC obtido.

### 4. CONCLUSÕES

As análises das amostras por difração de raios-x (XRD) mostraram que os filmes de SiC obtidos por PECVD apresentaram características típicas de material amorfo. O processo de recozimento tornou a estrutura dos filmes cristalina. Os filmes de SiC obtidos apresentam a seguinte estequiometria: para cada átomo de Si tem-se três átomos de C. Atualmente, um novo conjunto de amostras está sendo preparado com o objetivo de dar continuidade ao estudo do processo de recozimento na estrutura dos filmes.

### REFERÊNCIAS

- [1] A.F. Flannery et al, “PECVD silicon carbide has a chemically resistant material for micromachined transducer”, Sensors and Actuators A70, pp.48-55, (1998).
- [2] P.M. Sarro, “Silicon Carbide as a new MEMS technology”, Sensors and Actuators A 82, pp.210-218 (2000).