

# INCORPORAÇÃO DE HIDROGÊNIO EM ESTRUTURAS GeO<sub>2</sub>/Ge

SAMUEL HARTMANN<sup>1</sup>(IC)\*, CLÁUDIO RADTKE<sup>1</sup>(PQ)

\*samuel.hartmann@ufrgs.br

1 – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Departamento de Físico-Química, Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre, RS.



## INTRODUÇÃO

Atualmente, o silício é o material semicondutor mais utilizado na fabricação de transistores de efeito de campo metal-óxido-semicondutor (MOSFET's). Entretanto, a miniaturização elevada destas estruturas faz com que apareçam problemas na operação das mesmas. Uma possível solução é utilizar germânio como material semicondutor, o que possibilita a construção de dispositivos mais rápidos e que consomem menos energia. Porém, a estrutura GeO<sub>2</sub>/Ge apresenta defeitos eletricamente ativos que devem ser passivados para o correto funcionamento do dispositivo final. O tratamento térmico da estrutura em atmosfera de hidrogênio mostrou-se eficaz na passivação desses defeitos.

## OBJETIVO

Investigar como ocorre a incorporação de hidrogênio em estruturas GeO<sub>2</sub>/Ge e as alterações físico-químicas relacionadas, visando à otimização do processo de passivação com hidrogênio.

## METODOLOGIA

Foram utilizados dois métodos distintos para a obtenção de filmes dielétricos sobre os substratos de germânio e silício (esse último para servir de base de comparação):

1 – Sputtering: filme de GeO<sub>2</sub> é depositado sobre os substratos. Em algumas amostras também foi depositado HfO<sub>2</sub> sobre o GeO<sub>2</sub>.

2 – Crescimento térmico: substratos são aquecidos em atmosfera oxidante de O<sub>2</sub>.

Isótopos raros (<sup>18</sup>O<sub>2</sub> e <sup>2</sup>H<sub>2</sub>) foram utilizados pois possibilitam análises utilizando reações nucleares.



Figura 1 – Esquemas de estruturas óxido-semicondutor formado. (A) Representação do GeO<sub>2</sub> depositado sobre silício e crescido termicamente germânio. (B) Estrutura com filme de Ge O<sub>2</sub> interfacial com espessuras de 5, 10 e 20 nm, sobre a qual foi depositada por sputtering um filme de 2 nm de HfO<sub>2</sub>.

As estruturas acima foram submetidas a tratamentos térmicos em atmosfera de D<sub>2</sub>.

Para determinar a concentração de deutério nas amostras, foi induzida a reação nuclear D(<sup>3</sup>He,p) $\alpha$ , com um feixe de hélio de 400 keV.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das análises por reação nuclear (D(<sup>3</sup>He,p) $\alpha$ ) para amostras preparadas por deposição de 8 nm de GeO<sub>2</sub> sobre silício e germânio, seguidos de tratamento térmico em atmosfera de deutério a diferentes temperaturas, são mostrados abaixo:

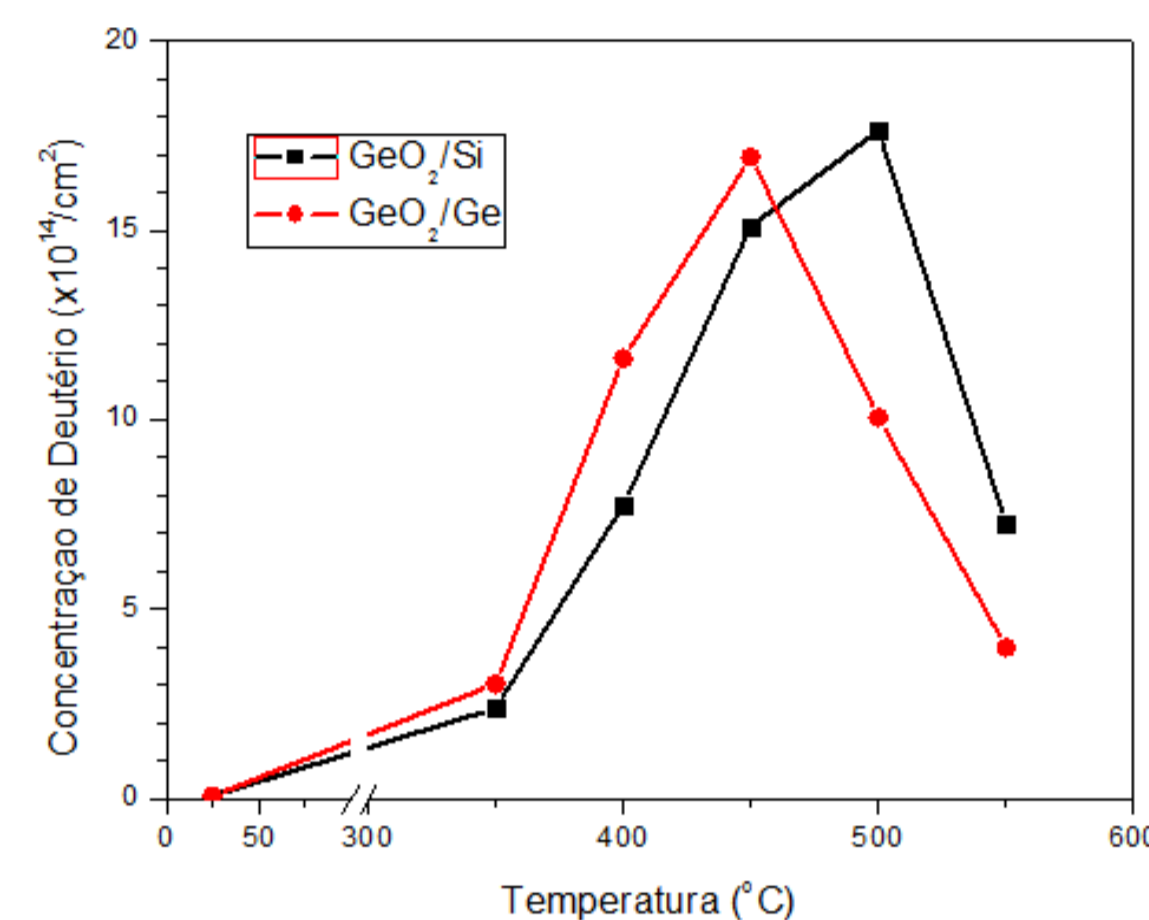


Figura 2 – Concentração de deutério incorporado nas amostras em função da temperatura de tratamento.

Este gráfico apresenta as concentrações de deutério em função da temperatura do tratamento realizado. Tal incorporação aumenta com a temperatura como pode ser observado em ambos conjuntos de dados até ~450 °C. Acima dessa temperatura, ocorre a dessorção do filme de GeO<sub>2</sub>. Quanto maior a temperatura, maior a quantidade de GeO<sub>2</sub> volatilizado. Dessa forma, para tratamentos realizados a partir de um certo valor de temperatura (dependente do material do substrato), é observada uma diminuição da quantidade de D remanescente. Dessa forma a curva final apresenta um valor máximo.

A dessorção do GeO<sub>2</sub> ocorre devido a dois mecanismos:

- Reação do GeO<sub>2</sub> com o substrato de Ge formando vacâncias de oxigênio que são responsáveis pela volatilização do GeO<sub>2</sub>.
- Formação de vacâncias de oxigênio pela reação do GeO<sub>2</sub> com D<sub>2</sub>.

Ambos mecanismos ocorrem nas amostras preparadas sobre substratos de Ge. No caso do Si, apenas o mecanismo ii) promove a dessorção do filme de GeO<sub>2</sub>. Sendo assim, para uma mesma temperatura de tratamento em D<sub>2</sub> ocorrerá uma dessorção de GeO<sub>2</sub> mais pronunciada no caso das amostras com substrato de Ge. Dessa forma, as curvas de incorporação de D apresentam valores máximos em diferentes temperaturas dependendo do substrato.

Além de filmes de GeO<sub>2</sub>, também foram investigadas bicamadas HfO<sub>2</sub>/GeO<sub>2</sub> com relação à incorporação de D. Tais estruturas dielétricas representam os filmes obtidos no processo de fabricação de dispositivos. Os resultados relativos a essas estruturas ainda estão sendo analisados.

## REFERÊNCIAS

- VICKERMAN, J.C.; GILMORE, I.S. **Surface Analysis: The Principal Techniques**. 2. Ed. UK: John Wiley & Sons Ltd, 2009. 686p.
- K.W. SHENG. **Desorption kinetics of GeO from GeO<sub>2</sub>/Ge structure**. Department of Materials Engineering, The University of Tokyo, Tokyo, Japan. 2010.
- RADTKE, C. **Crescimento Térmico de Filmes Dielétricos sobre SiC e caracterização das Estruturas Formadas**. 120 f. Tese (Doutorado em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2003.

## AGRADECIMENTOS

