

Transporte de O e N na oxinitretação térmica do Ge



Ivan Rodrigo Kaufmann (ivankauf@hotmail.com), Cristiano Krug
Laboratório de Superfícies e Interfaces Sólidas
Instituto de Física, UFRGS



MOTIVAÇÃO

O germânio (Ge) vem sendo estudado como possível substituto do silício em dispositivos semicondutores de alto desempenho, pois apresenta melhores propriedades de transporte de portadores de carga [1].

Um dos desafios a serem vencidos é a passivação superficial do Ge, isto é, a eliminação de estados eletrônicos de superfície. Uma das alternativas para tal são filmes finos de oxinitreto de germânio. Neste trabalho utilizamos reação nuclear ressonante (NRP) e microscopia de força atômica (AFM) para investigar o transporte de oxigênio e nitrogênio durante a oxinitretação térmica do Ge [2]. Tanto a técnica de NRP como a de AFM foram realizadas nos laboratórios do Instituto de Física da UFRGS.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente lâminas de Ge puro sofreram oxidação térmica no Laboratório de Traçadores Isotópicos do Instituto de Química, a 550°C por 30 min em 1 atm de O₂, produzindo cerca de 15 nm de GeO₂ na superfície. As amostras assim produzidas foram tratadas a 500°C por 120 min em 0,1 atm de amônia enriquecida no isótopo de massa 15 do nitrogênio (¹⁵NH₃) e/ou em oxigênio enriquecido no isótopo de massa 18 (¹⁸O₂). Na figura 1, temos um esquema da sequência das amostras preparadas.

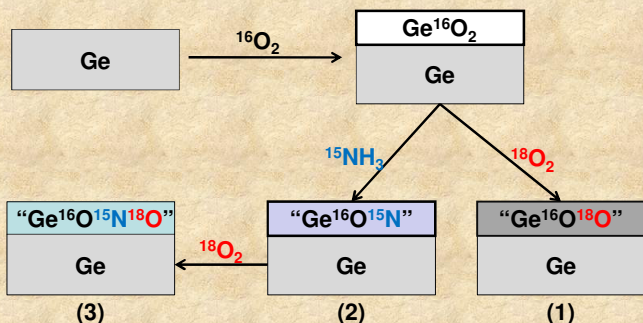


Figura 1: Esquema das amostras preparadas. (1) oxidação em ¹⁶O₂ e posterior oxidação em ¹⁸O₂, formando GeO₂. (2) oxidação em ¹⁸O₂ e posterior nitretação em ¹⁵NH₃, formando GeON. (3) oxidação em ¹⁶O₂ seguido de nitretação em ¹⁵NH₃ e posterior oxidação em ¹⁸O₂, formando GeON.

A distribuição de ¹⁵N e ¹⁸O foi determinada com as reações nucleares ¹⁵N(p,α)¹²C e ¹⁸O(p,α)¹⁵N nas ressonâncias a 429 e 151 keV, respectivamente [2,3].

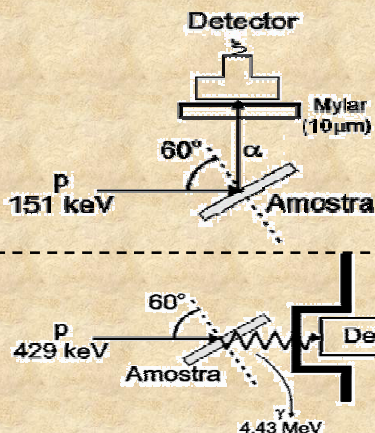


Figura 2: Esquema experimental utilizado na obtenção das curvas de excitação da reação ¹⁸O(p,α)¹⁵N (acima) e ¹⁵N(p,α)¹²C (abaixo).

Usamos AFM no modo contato intermitente para revelar a topografia da superfície do Ge após processo de oxidação e oxinitretação. Esta técnica nada mais é do que “tatear” a amostra, sendo constituído basicamente por um sistema que registra variações na posição da sonda enquanto esta faz a varredura na superfície da amostra. Com AFM podemos obter medidas de rugosidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta dados de NRP correspondentes a ¹⁸O incorporado às amostras de Ge¹⁶O₂ antes (círculos na figura 3) e depois (quadrados na figura 3) de tratamento em ¹⁵NH₃. Fica evidente que após tratamento em ¹⁵NH₃ o ¹⁸O encontra-se mais raso e em menor concentração, indicando maior estabilidade térmica. O tratamento em NH₃, portanto, pode se mostrar importante na fabricação de dispositivos.

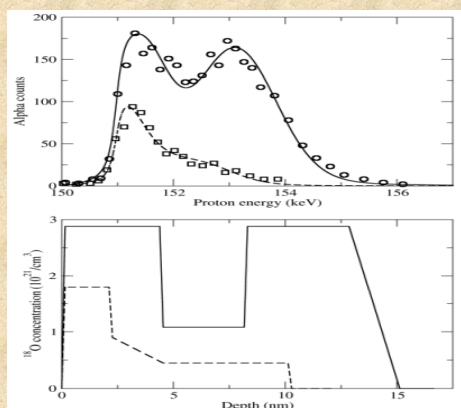


Figura 3: Acima: dados experimentais da reação nuclear antes e depois do tratamento em ¹⁵NH₃.

Abaixo: perfis de distribuição de ¹⁸O obtidos por simulação.

A topografia de todas as amostras fabricadas mostrou-se compatível com a fabricação de dispositivos eletrônicos

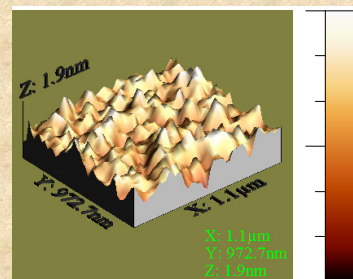


Figura 4: Micrografia de AFM da amostra correspondente aos quadrados e linhas tracejadas da Figura 3. A rugosidade quadrática média R_q é de aproximadamente 0,2 nm para todas as amostras analisadas.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

- Frente a outros dados já publicados (por exemplo, a referência 1), nosso trabalho corrobora que o tratamento térmico de GeO₂ em NH₃ leva à formação de GeO_xN_y e quantifica o correspondente aumento na estabilidade química frente ao O₂.
- Pretendemos fabricar amostras do tipo HfO₂/GeON/Ge e testar sua estabilidade térmica.

Referências

- [1] CHUI, C.O., ITO, F. e SARASWAT, K.C., *IEEE Transactions on Electron Devices* 53, 1501 (2006).
- [2] CARVALHO JUNIOR, J.V., Dissertação de Mestrado. Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, 2009.
- [3] DRIEMEIER, C., MIOTTI, L., PEZZI, R. P. ET AL., *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B* 249, 278 (2006).

Agradecimentos

FAPERGS, CNPq, CAPES