

Introdução e Objetivo

- Óxidos semicondutores nanoestruturados (nanofitas ou nanofios), têm um enorme potencial para o desenvolvimento de sensores extremamente seletivos e sensíveis, para detectar pequenas quantidades de gases explosivos e tóxicos, fundamentais para a indústria de petróleo e gás. O SnO_2 é um óxido metálico que tem sido estudado para a detecção específica de diversos gases, em particular o CO_2 e o H_2S .
- O desempenho de detecção, é significativamente afetado por defeitos estruturais e morfologia da superfície do material sensor. O papel das nanoestruturas na capacidade de detecção está diretamente ligado à interação específica entre a superfície do sensor e as moléculas de gás.
- Índio In^+ é um típico elemento dopante para semicondutores, melhorando a capacidade de detecção de sensores baseados em óxidos, melhorando a condutividade elétrica desses materiais. O processo de dopagem pode ser feito por implantações: iônica em fluências e energias apropriadas.

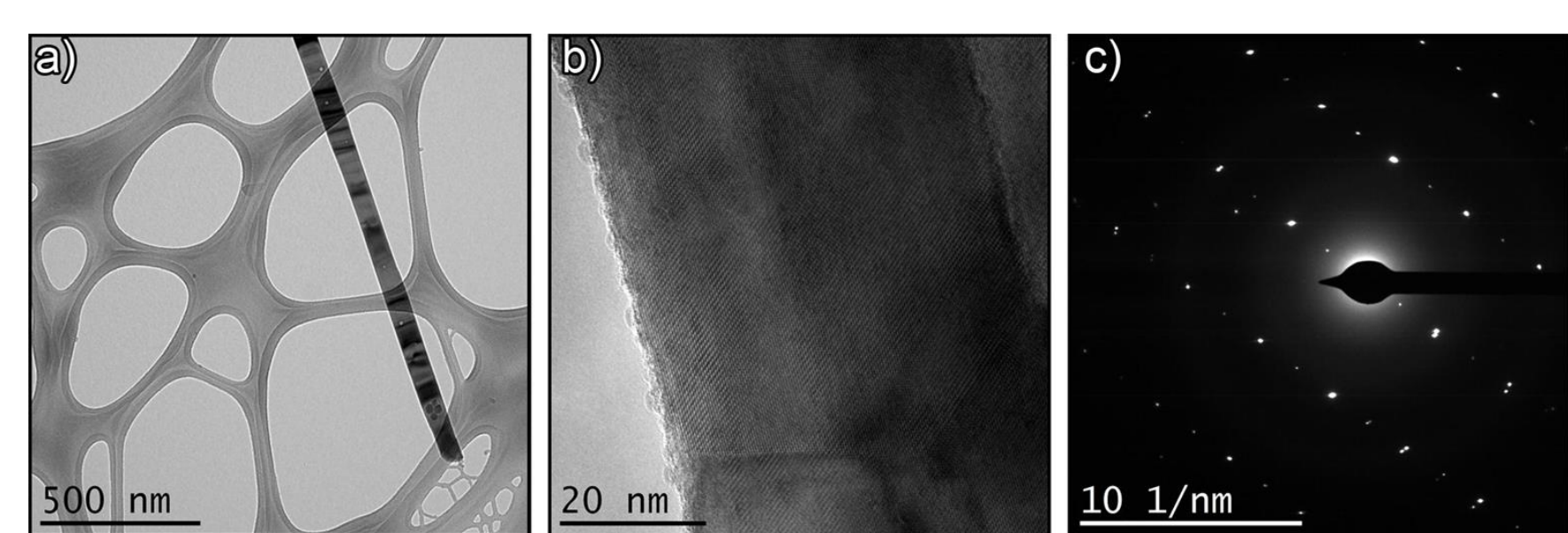
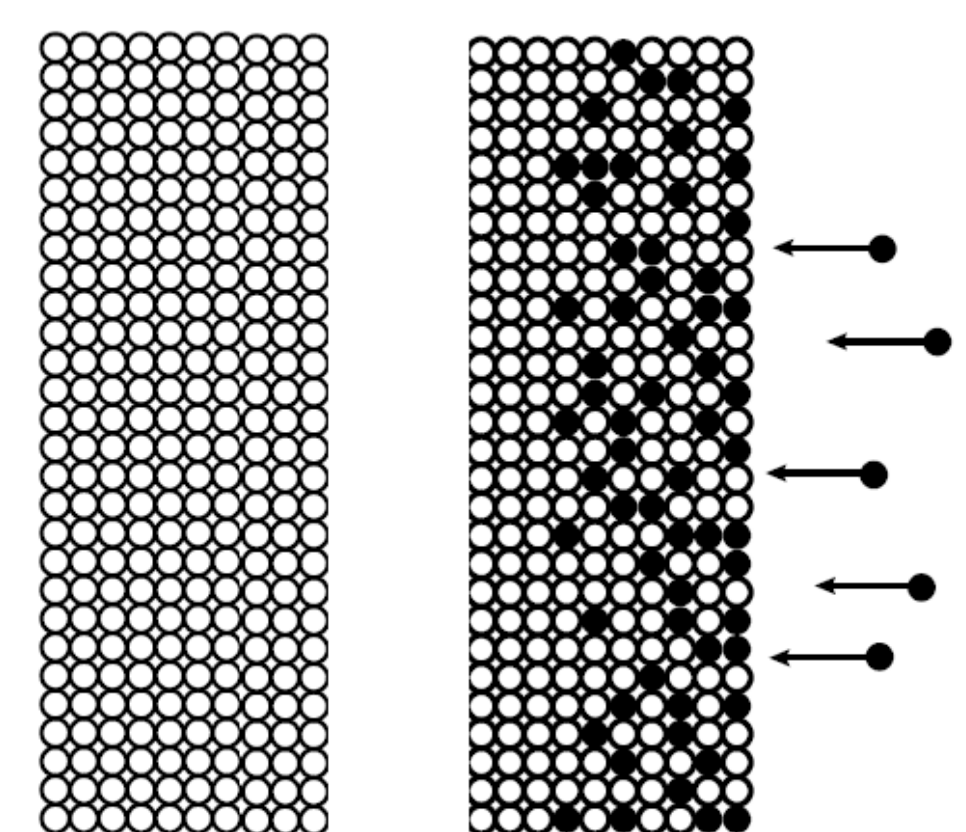
Nesta contribuição investigamos o processo de dopagem via implantação iônica íons em nanofitas de SnO_2 , a fim de desenvolver um protocolo de implantação otimizada

Materiais e Métodos

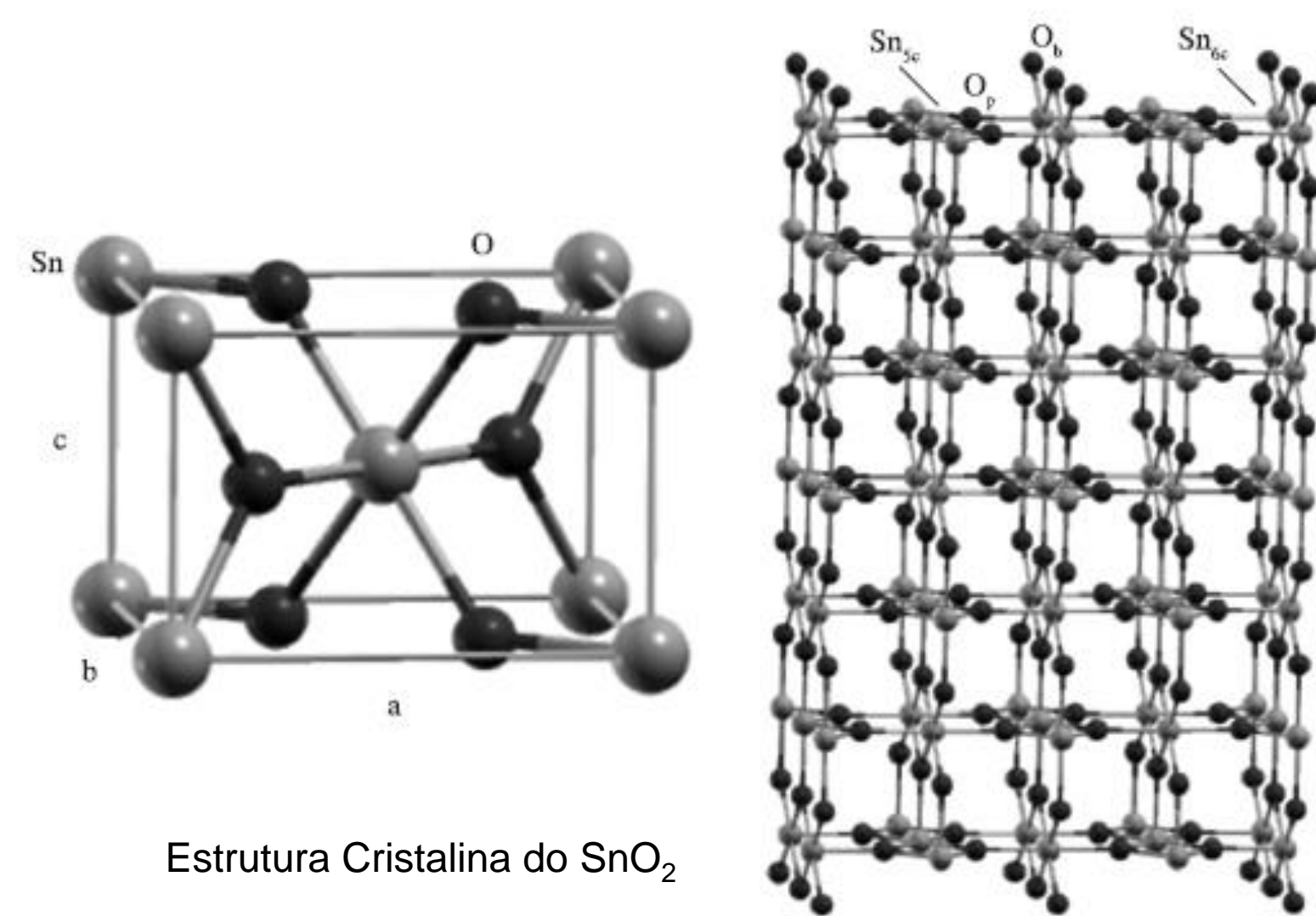
- As nanofitas de SnO_2 , quando sintetizadas, pelo processo de redução carbotérmica, apresentam estrutura uniforme monocristalina e em sua maioria livre de defeitos.
- Uma distribuição uniforme de nanofitas para as experiências de implantação iônica e posterior caracterização por microscopia eletrônica de transmissão (TEM), a composição localizada foi medida por espectroscopia por emissão de Raio-X característico (EDS) e a composição em larga escala por espectrometria por retro-espalhamento Rutherford (RBS)

Procedimento Experimental – Implantação Iônica

- O processo de dopagem pode ser feito por implantação íons em fluências e energias apropriadas. A implantação iônica é um processo balístico (fora das condições de equilíbrio termodinâmico), onde íons são acelerados e atingem o material para a incorporação dos dopantes na estrutura.



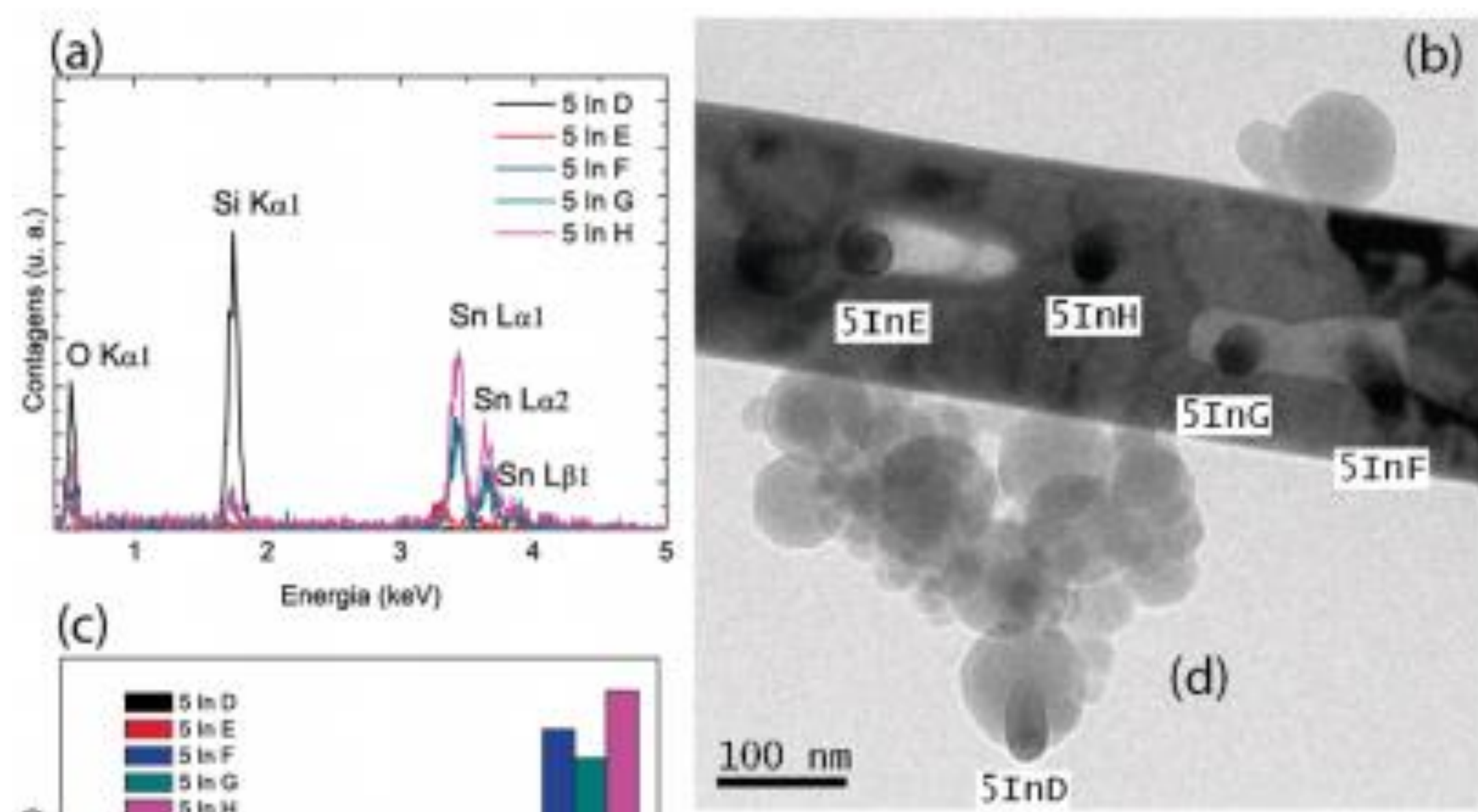
Microscopia eletrônica de transmissão das nanofitas de SnO_2 . a) Imagem de baixa magnificação; b) imagem em alta resolução; c) Difração de elétrons de área selecionada.



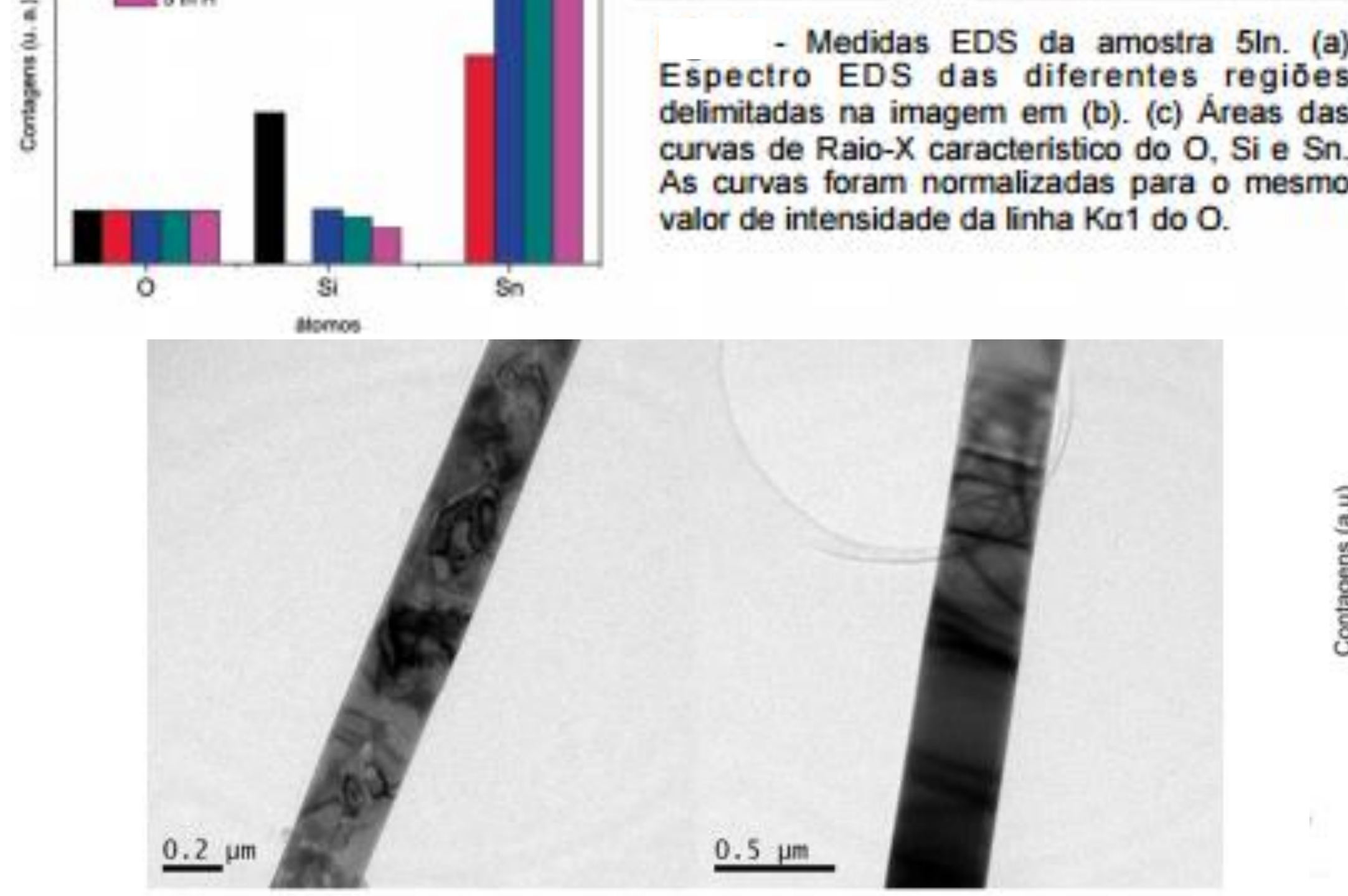
Estrutura Cristalina do SnO_2

Tabela 1 - Parâmetros de implantação iônica das amostras.

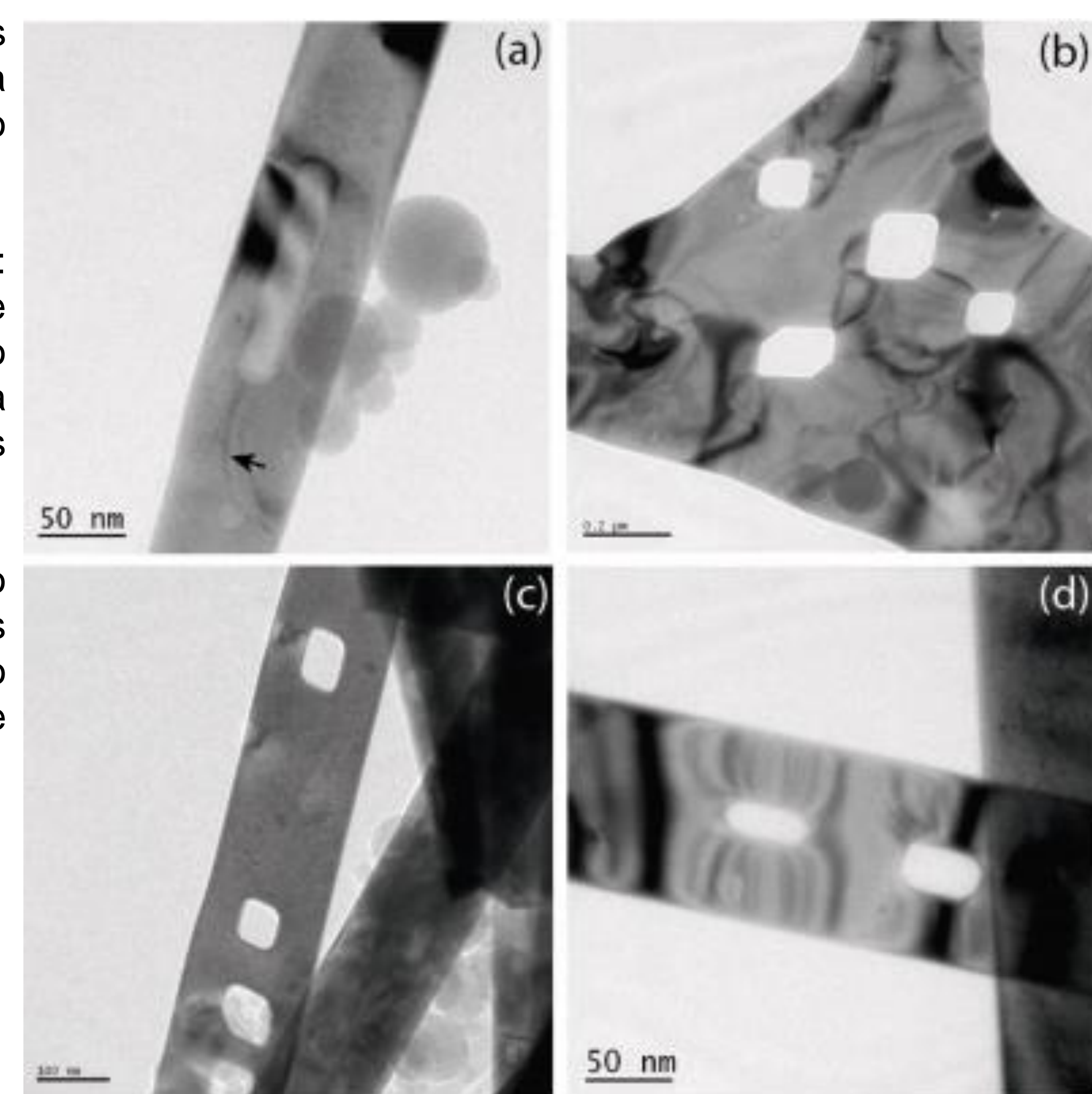
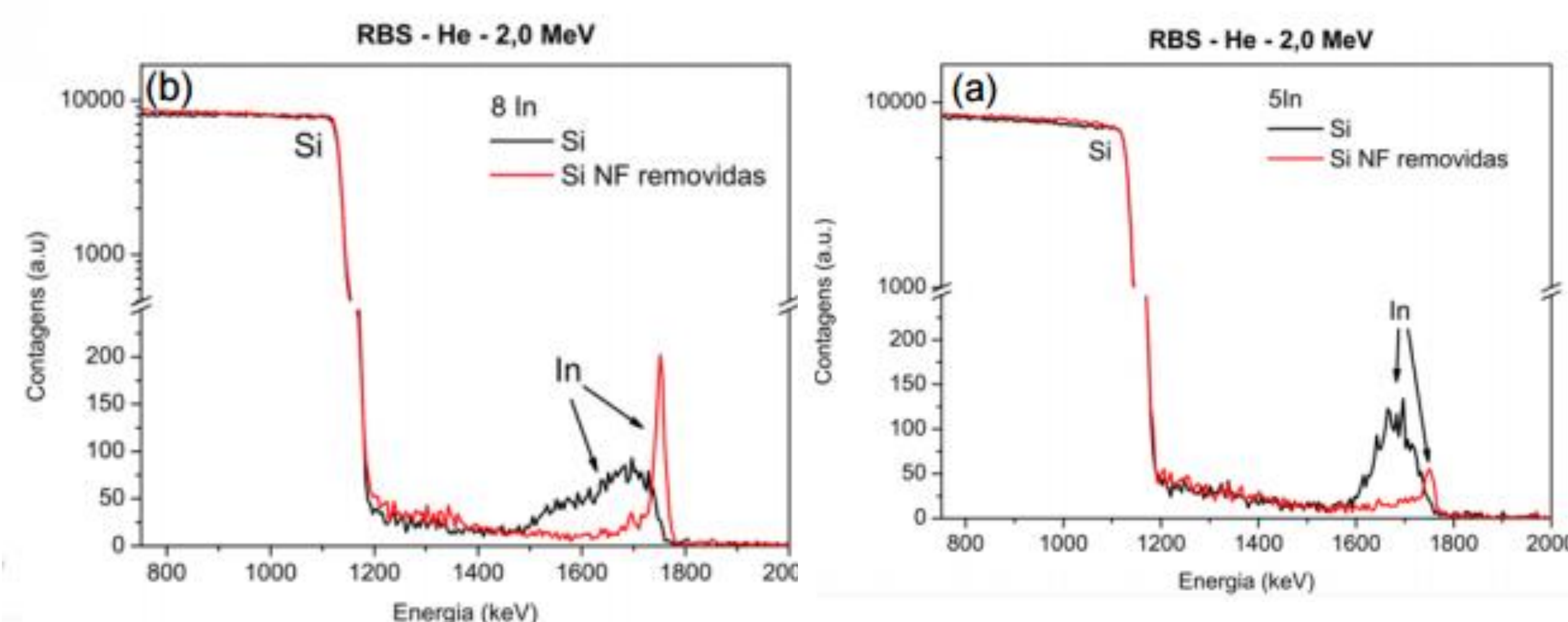
| Substrato | Íon | Energia E_0 (keV) | Fluência ϕ (átomos. cm^{-2}) | Denominação |
|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------|---|-------------|
| SnO_2 (algodão) Si (100) | In^+ | 20 - 430 | 1.0×10^{15} | 5In |
| SnO_2 (algodão) Si (100) | In^+ e In^{++} | 20 - 800 | 1.0×10^{15} | 8In |



- Medidas EDS da amostra 5In. (a) Espectro EDS das diferentes regiões delimitadas na imagem em (b). (c) Áreas das curvas de Raio-X característico do O, Si e Sn. As curvas foram normalizadas para o mesmo valor de intensidade da linha $\text{K}\alpha_1$ do O.



- Os resultados obtidos após a implantações apresentaram mudanças significativas na estrutura do material, como a formação de uma elevada densidade de orifícios, bolhas, discordâncias e tensão dentro da estrutura, e comprovaram a incorporação dos elementos dopantes
- Mecanismo de formação de bolhas e buracos: A implantação iônica produz maior quantidade de vacâncias de oxigênio comparado com estanho, desta forma os átomos de oxigênio vacantes recombina-se formando oxigênio gasoso dentro da estrutura. O crescimento exagerado das bolhas leva a formação dos buracos.
- Os contrastes de tensão observados no material implantado e o resultado direto do processo balístico da implantação, quando altas doses de íons são implantadas, mudanças na cristalinidade do material são observadas, em casos extremos ocorre mudança de estado cristalino para amorfo.



Micrografias TEM das NFs implantadas. (a) Amostra 8 In, cavidade não aberta e presença de discordâncias associadas as cavidades (seta), nanoestruturas esféricas na superfície da NF. (b) e (c) Cavidades facetadas e (d) campos de tensão devido a curvatura da NF na região de menor rigidez devida às cavidades.

Conclusões

Com base nos resultados acima mostrados, as nanofitas de SnO_2 não apresentam total estabilidade para a dopagem via implantação iônica. Uma investigação mais sistemática está sendo desenvolvida para testar o impacto global do processo de implantação na capacidade de detecção de gás destes materiais transdutores.

Referências

- E. R. Leite, J. W. Gomes, M. M. Oliveira, E. J. H. Lee, E. Longo, J. A. Varela, C. A. Paskocimas, T. M. Boschi, F. Lanciotti, P. S. Pizani, P. C. Soares, J. Nanosci. Nanotech. 2, 2 (2002) 1.
Synthesis, Properties and Applications of Oxide Nanomaterials, José A. Rodríguez and Marcos Fernández-García - Wiley .
Fundamental of Radiation Materials Science, Metals and Alloys, Gary S. Was - Springer.

Agradecimentos

