

Desenvolvimento de um sistema de deposição física de vapor para síntese de nanofios de telúrio

Gabriel Tomaz Massardi, Eduardo Nery Duarte de Araujo, Erika Peixoto Pimenta, Sukarno Olavo Ferreira.

ODS9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura

Pesquisa

Introdução

Sistemas de baixa dimensionalidade apresentam propriedades únicas devido aos efeitos quânticos e de superfície, superando seus equivalentes macroscópicos. Nanoestruturas de telúrio (Te) destacam-se por suas propriedades termoeletrônicas, fotocondutivas e de memória de fase, com melhor desempenho em escalas nanométricas devido ao maior controle dos portadores superficiais e ao confinamento quântico [1]. Várias técnicas podem ser utilizadas para sintetizar esses nanofios, como por exemplo reações hidrotérmicas, deposição eletroquímica, esfoliação micromecânica, deposição física de vapor, entre outras [2, 3, 4, 5]. A deposição física de vapor (PVD) é uma técnica versátil e eficiente para a síntese de materiais de baixa dimensionalidade. Este método, baseado no transporte controlado de materiais vaporizados para um substrato, permite a criação de nanoestruturas com propriedades físicas e químicas altamente ajustáveis, tornando-se essencial para o avanço da nanotecnologia e da ciência dos materiais. Uma das principais vantagens da técnica PVD reside no controle preciso sobre a morfologia e estrutura cristalina das nanoestruturas produzidas.

Objetivos

- Desenvolvimento e automação de um reator para deposição física de vapor, com alto controle dos parâmetros utilizados na síntese de nanomateriais à base de telúrio.
- Investigar características morfológicas e estruturais dos nanofios a partir das técnicas de microscopia eletrônica de varredura (MEV), microscopia de força atômica (AFM) e espectroscopia Raman.

Metodologia

- Foi construído um reator para deposição física de vapor com alto controle dos parâmetros de crescimento.
- O reator foi acoplado a um forno resistivo, possibilitando o aquecimento controlado, a evacuação e a inserção de gases no sistema.
- Todo o sistema de gás do forno foi remodelado para possibilitar o controle preciso do fluxo de gás.
- O substrato foi posicionado na tampa lateral, próximo à saída de gases do sistema.
- Foram realizados testes variando o tempo de deposição, a temperatura da fonte, o fluxo de argônio e o substrato.



Figura 1: Imagem e representação do sistema de deposição física de vapor.

Resultados

- Observa-se a formação de nanoestruturas de telúrio em substratos de silício com diferentes orientações cristalográficas, bem como em outros materiais, como quartzo e platina.
- O aumento do tempo de deposição promoveu uma maior densidade de nucleação, resultando na formação de um maior número de nanofios.
- Ao reduzir a temperatura da fonte nota-se uma redução nas dimensões dos nanofios produzidos, permitindo a síntese de estruturas de até 20nm de diâmetro.
- Alterando o fluxo de argônio foi possível variar a densidade de nanofios e também sua morfologia.

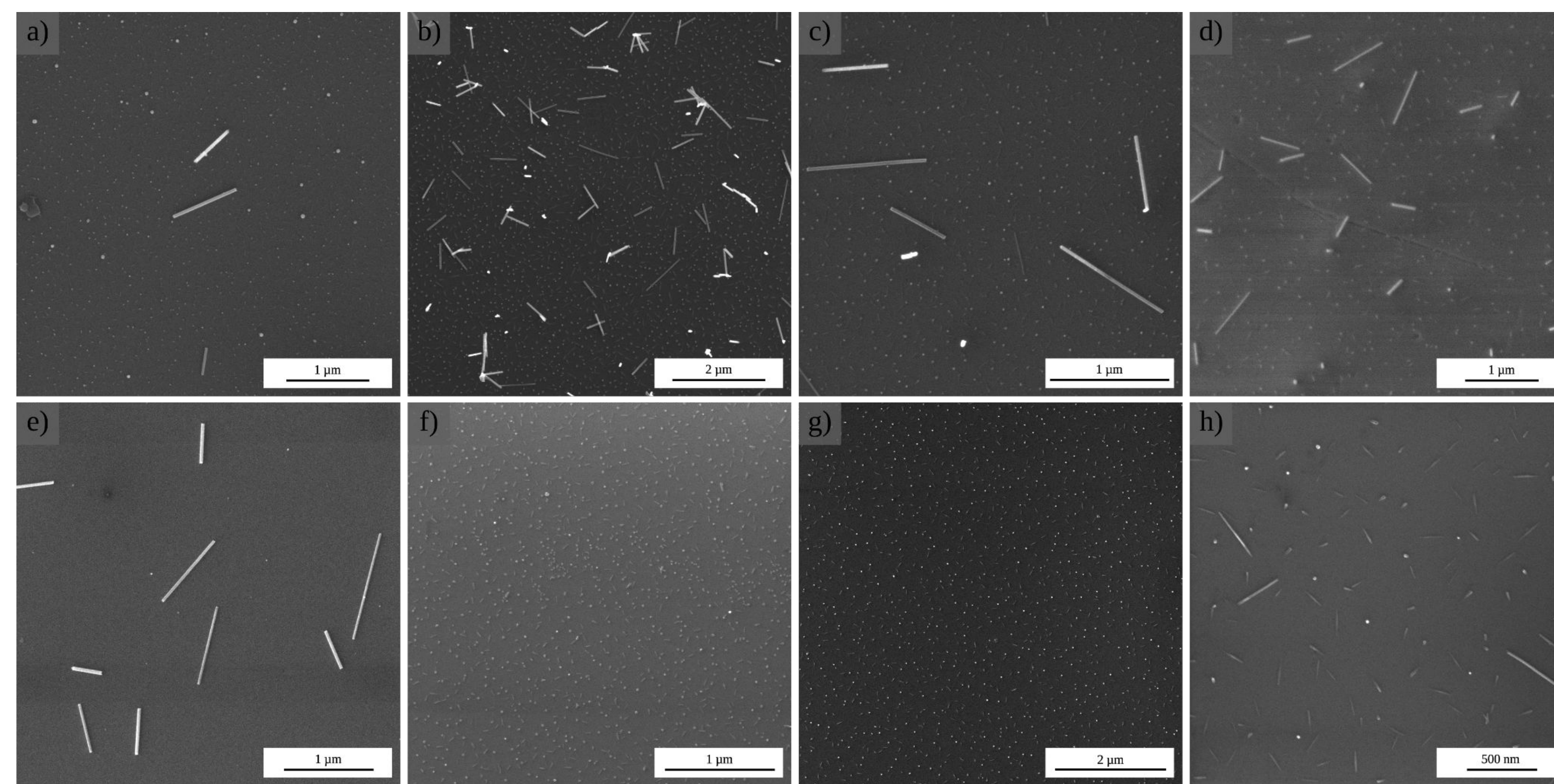


Figura 2: Imagens de MEV das amostras a) NF2; b) NF6; c) NF8; d) NF9; e) NF13; f) NF20; g) NF24; h) NF30.

Amostra	Temperatura (°C)	Tempo de Patamar (min)	Fluxo (l/min)	Pressão (kPa)	Substrato
NF2	500	30	6,00	3,0	Si (111)
NF6	500	40	6,00	3,0	Si (111)
NF8	500	30	6,00	3,0	Si (100)
NF9	500	30	6,00	3,0	Quartzo
NF13	500	30	6,00	3,0	Pt/Si (100)
NF20	450	30	1,00	3,0	Si (100)
NF24	450	60	0,50	3,0	Si (100)
NF30	450	60	0,25	3,0	Si (100)

Tabela 1: Parâmetros de crescimento.

- Medidas de AFM fornecem a distribuição dos pontos de nucleação na superfície do substrato, sendo fundamental para compreensão do processo de formação dos nanofios.
- A espectroscopia Raman confirma a composição química do material depositado a partir de um mapa de intensidade do modo A₁ do telúrio.

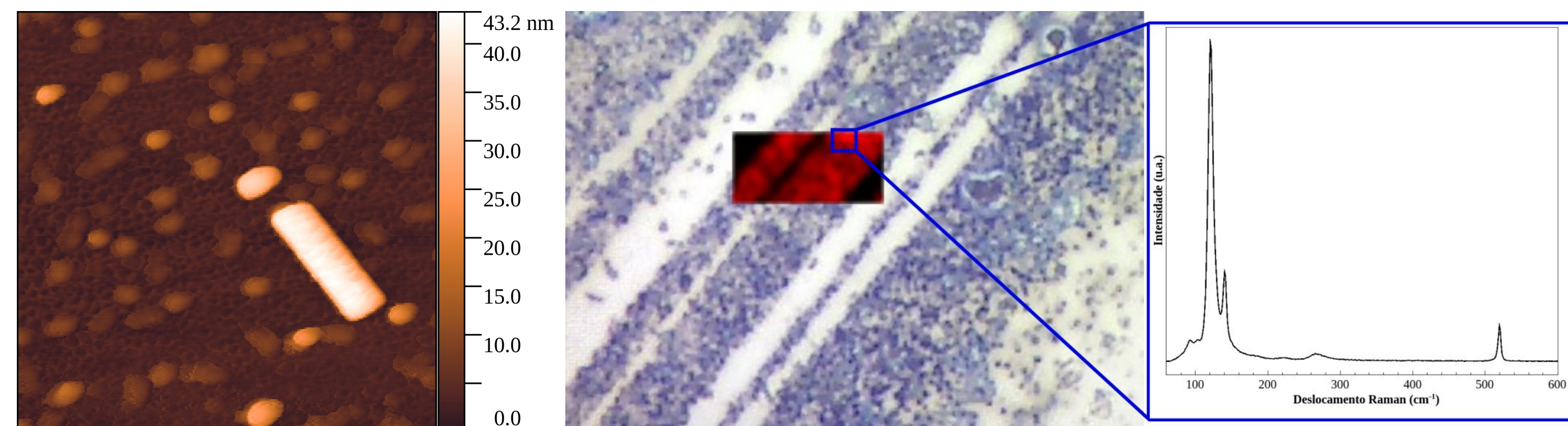


Figura 3: a) Imagem de AFM. b) Mapa de intensidade do modo A₁ do telúrio.

Conclusões

No presente trabalho foi desenvolvido um reator para o crescimento de nanoestruturas à base de telúrio. As técnicas de caracterização utilizadas demonstraram a eficácia do sistema de crescimento por deposição física de vapor, por meio da síntese de nanofios de telúrio com alto controle sobre as dimensões finais, pureza e qualidade cristalina através da variação dos parâmetros de crescimento.

Bibliografia

- [1] WANG, Qisheng et al. Low-Dimensional Te-Based Nanostructures. 2013.
- [2] HAWLEY, Christopher J. et al. Shape-controlled vapor-transport growth of tellurium nanowires. **Crystal growth & design**, v. 12, n. 6, p. 2789–2793, 2012.
- [3] LIANG, Fengxia; QIAN, Haisheng. Synthesis of tellurium nanowires and their transport property. **Materials Chemistry and Physics**, v. 113, n. 2–3, p. 523–526, 2009.
- [4] LI, H. H. et al. Facile electrochemical synthesis of tellurium nanorods and their photoconductive properties. **Crystal Research and Technology**, v. 47, n. 10, p. 1069–1074, 2012.
- [5] CHURCHILL, Hugh OH et al. Toward single atom chains with exfoliated tellurium. **Nanoscale research letters**, v. 12, n. 1, p. 488, 2017.

Apoio Financeiro