

Crescimento e caracterização de filmes finos de óxido de Cério para aplicações em dispositivos

Orientador: Túlio Rocha
Laboratório Nacional de Luz Síncrotron

Introdução

Memórias de Acesso Aleatório Resistivas (RRAM do inglês Resistive Random Access Memory) têm sido consideradas como uma das candidatas mais promissoras para a próxima geração de memórias não-voláteis, em que não há perda de informação ao se retirar a fonte de energia. As RRAM são baseadas no fenômeno de resistive switching (RS), no qual um material dielétrico muda repentinamente sua resistência elétrica sob a ação de um potencial ou corrente elétrica. Esta mudança de resistência é persistente mesmo após a remoção do estímulo elétrico, porém reversível, o que permite a fabricação de memórias não-voláteis. Sistemas baseados em RS são tipicamente dispositivos similares a capacitores, com um óxido de metal de transição (TMO) como o dielétrico entre dois eletrodos metálicos formando uma estrutura metal-isolante-metal (figura 1).

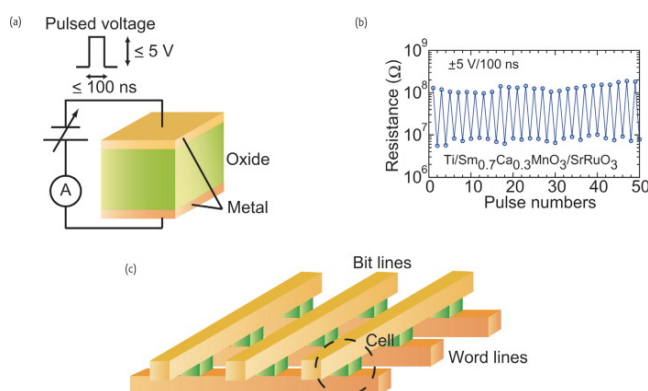


Figura 1: (a) Diagrama de um dispositivo baseado em resistive switching (RS) (b) Exemplo das variações de resistência em função dos pulsos de potencial. (c) diagrama de uma memória baseada em RS. Adaptado de [1]

O fenômeno de RS foi originalmente reportado na década de 60 [2], porém a pesquisa sobre RS em TMO para dispositivos floresceu apenas a partir da década de 90, seguindo a descoberta da supercondutividade em alta temperatura em cupratos e magnetoresistência colossal em manganitas. Estas descobertas motivaram o aperfeiçoamento dos métodos de fabricação de filmes finos de TMO, como RF-sputtering e pulsed laser deposition (PLD), que contribuíram enormemente o desenvolvimento de dispositivos. Os principais avanços em dispositivos baseados em RS foram reportados nos anos 2000, com a observação de mudanças de resistência não-volátil e reprodutível em dispositivos de 2 terminais baseados em filmes finos de titanato de estrôncio (STO) e manganita de cálcio (PCMO), ambos produzidos por PLD [2,4]. Desde então, uma intensa atividade de pesquisa desenvolveu-se nessa área, que resultou na observação de RS em uma enorme variedade de materiais, variando de óxidos binários como NiO, TiO_2 , CuO, CeO_2 e HfO, óxidos ternários como SrTiO_3 , SrZrO_3 , até óxidos complexos com diversos graus de dopagem como $\text{Pr}_{1-x}\text{La}_x\text{CaMnO}_3$. No entanto, apesar da intensa pesquisa em materiais para dispositivos, a origem física do fenômeno ainda não é bem compreendida. Existem diversos modelos fenomenológicos que incorporam as principais observações experimentais tais como: presença de caminhos condutores não homogêneos, barreiras

de Shottky próximas à interface eletrodo/dielétrico, migração de vacância de oxigênio em defeitos e grãos, dentre outros [5]. Porém não há consenso sobre um modelo microscópico unificado do fenômeno.

Neste projeto propõe-se a fabricação de filmes finos epitaxiais de óxido de cério (CeO_2) sobre substratos de SrTiO_3 com alto controle morfológico e estrutural para aplicações em dispositivos baseados em RS. O CeO_2 é um excelente candidato para estudar o fenômeno de RS, pois além de alta constante dielétrica, apresenta vários estados de oxidação, que permitem a acomodação de alta densidade de vacâncias e dopantes sem colapso estrutural. Entretanto, o óxido de cério tem sido menos explorado para aplicações em RS do que outros óxidos binários de alto-k como TiO_2 e HfO_2 , devido a limitações na qualidade de amostras, tipicamente fabricadas por evaporação ou sputtering [6].

Objetivos

- ✓ Preparação de filmes epitaxiais de óxido de cério com controle de espessura, estrutura cristalina e composição
- ✓ Caracterização da morfologia (espessura, rugosidade), estrutura atômica (orientação, strain), composição química (estequiometria, impurezas, dopantes) e estrutura eletrônica dos filmes finos
- ✓ Preparação de um dispositivo para medidas de resistividade

Metodologia

As amostras de filmes finos serão fabricadas pela técnica de pulsed laser deposition (PLD) em uma nova câmara de ultra-alto vácuo recentemente instalada no LNLS. Este é um instrumento único no Brasil, que permite a fabricação de amostras de óxidos com altíssimo grau de pureza e controle da estequiometria. Os filmes finos de CeO_2 serão crescidos sobre monocristais de SrTiO_3 e/ou filmes finos epitaxiais de óxidos condutores que funcionarão como eletrodo inferior nos dispositivos. O crescimento dos filmes finos sobre o substrato será monitorado pela técnica RHEED (Reflection high energy electron diffraction) e a caracterização morfológica será feita pelas técnicas de AFM (atomic force microscopy) e XRR (X-ray reflectivity). A composição química da superfície será caracterizada por XPS (X-ray photoelectron spectroscopy) e a estrutura atômica será sondada por XRD (X-ray diffraction).

Além do envolvimento com a pesquisa em física de materiais para aplicações em dispositivos, o aluno terá contato com técnicas de ultra-alto vácuo, crescimento de filmes, e diversas técnicas de caracterização amplamente utilizadas em diferentes áreas da academia e indústria. Além disso, será parte de um grupo multidisciplinar de pesquisa em materiais funcionais que inclui, materiais nanoestruturados, magnetismo, supercondutividade e terá a oportunidade de participar de experimentos utilizando a fonte de luz síncrotron do LNLS.

Referências

- [1] A. Sawa Materials Today 11, 28 (2008)
- [2] T.W. Hickmott, J. Appl. Phys. **33**, 2669–2682 (1962)
- [3] A. Beck, J. G. Bednorz, C. Gerber, C. Rossel, and D. Widmer, Appl. Phys. Lett. **77**, 139 (2000).
- [4] S. Q. Liu, N. J. Wu, and A. Ignatiev, Appl. Phys. Lett. **76**, 2749 (2000).
- [5] D. B. Strukov, G. S. Snider, D. R. Stewart and R. S. Williams, Nature **453**, 80 (2008)
- [6] C Hsieh et al. Appl. Phys. Lett. **106** 173108 (2015)