

Dopagem eletrostática em filmes finos de óxidos complexos

Pesquisador responsável: Pedro Schio de Noronha Muniz

Unidade: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron

Introdução

Dopagem eletrostática de filmes ultra-finos pode ser utilizada para modificação das propriedades elétricas e magnéticas de filmes finos através da alteração da densidade de portadores sem, em princípio, modificar o nível de desordem. Deste modo, dopagem eletrostática pode permitir o desenvolvimento de novos dispositivos e pode servir como ferramenta para estudo de propriedades fundamentais de materiais de maneira mais simples que a tradicional dopagem química.

Estado da arte

Transistor de efeito (FET do inglês - Field Effect Transistor) de campo é um dispositivo fundamental da indústria de processamento de informação, fundamental para civilização moderna. A Figura 1 apresenta um desenho esquemático de um FET como utilizado pela indústria de semicondutores. Um material funcional está em contato com um eletrólito, e ao se aplicar uma diferença de potencial no eletrólito, cargas se movem para interface e estas cargas alteram densidade de portadores no material funcional alterando sua resistividade. Desta maneira se pode controlar a passagem de corrente elétrica entre dois eletrodos (D e S no desenho - do inglês Drain e Source) através da aplicação de diferença de potencial aplicada no eletro G (do inglês Gate).

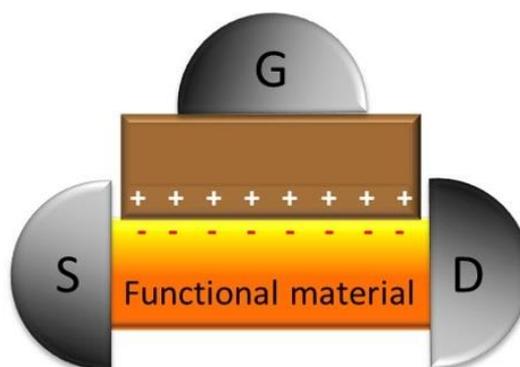


Figura 1 – Representação esquemática de um transistor de efeito de campo. Alguma propriedade de um material funcional é controlada através da aplicação de uma diferença de potencial.

Óxidos de metais de transição apresentam grande variedade de propriedades físicas devido a alta densidade de portadores na estrutura eletrônica destes materiais o que leva a efeitos de interação eletrônica. A aplicação do princípio de funcionamento de um transistor em filmes ultra finos de óxidos pode levar não somente a mudança na resistividade elétrica como também modificação nas propriedades elétricas e magnéticas destes materiais. A maneira pela qual normalmente se estudam estes efeitos em óxidos é a dopagem química. Entretanto dopagem química possui efeitos colaterais indesejáveis: (i) não se pode sintonizar facilmente a dopagem desejada pois para cada caso uma nova amostra deve ser preparada; (ii) mudança de composição química normalmente vem acompanhada de mudanças estruturais (desordem) que pode afetar as propriedades estudadas.

Para dopagem eletrostática de semicondutores utiliza-se materiais dielétricos como eletrólitos. Com a utilização destes materiais é possível obter densidades eletrônicas da ordem de 10^{13} portadores por cm^2 . Esta densidade de carga é muito pequena para dopagem em sistemas fortemente correlacionados cuja densidade eletrônica é da ordem de 10^{15} cm^{-2} . Para superar esta limitação diferentes metodologias são utilizadas como configurações empregando dielétricos de alta constante dielétrica ou mais recentemente dispositivos utilizando líquidos iônicos em transistores de dupla camada (EDLT do inglês Electric double-layer transistor).

Recentemente foi relatado efeitos de dopagem eletrostática em diferentes sistemas fortemente correlacionados como por exemplo controle da transição metal-isolante em óxido de vanádio, indução de transição supercondutora em SrTiO_3 e controle da temperatura de transição supercondutora em cupratos.

Objetivos do trabalho

O presente projeto de iniciação científica propõe o estudo de líquidos iônicos comerciais para aplicação em dopagem eletrostática em filmes finos de óxidos complexos. Primeiramente o líquido iônico DEME-TFSI será utilizado e após estudos outros líquidos deverão ser comprados para otimização da temperatura de trabalho.

Além do projeto a ser desenvolvido ao longo desse projeto o(a) estudante poderá ter contato com diversas técnicas modernas de crescimento e caracterização de amostras, tais como epitaxia por feixe molecular (MBE, do inglês Molecular Beam Epitaxy), ablação por laser pulsado (MBE, do inglês Pulsed Laser Deposition) microscopias de tunelamento e força atômica (STM, Scanning Tunneling Microscopy; AFM, Atomic Force Microscopy), espectroscopia de fotoemissão e de absorção de raios X, entre outros.

Metodologia

Para caracterização dos líquidos iônicos, curvas IxV em condição de operação serão executadas. Processo de dopagem eletrostática em $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ serão realizados em função da temperatura de aplicação do gate.

Referências

- A.M. Goldman Annu. Rev. Mater. Res. 2014. 44:45–63
- Jeong J, et al. (2013) *Science* 339(6126):1402–1405
- Perez-Muñoz, A M. ; SCHIO, P ; POLONI, R et al Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (Online), v. 114, p. 215-220, 2016.
- K. Ueno, S. Nakamura, H. Shimotani, Nat. Nanotechnol. 6, 408–412 (2011)

Para saber mais :

https://en.wikipedia.org/wiki/Field-effect_transistor

https://en.wikipedia.org/wiki/Ionic_liquid