

Projeto para Bolsa de Iniciação Científica PIBIC/CNPEM

Estudo de propriedades eletrônicas em Isolantes Topológicos e interfaces Grafeno/Pt533

Orientador: Wendell Simões e Silva

Unidade: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron

INTRODUÇÃO

Materiais com estrutura eletrônica bidimensional como Grafeno e Isolantes Topológicos (IT) veem há alguns anos chamando a atenção por propriedades bastante interessante do ponto de vista de física básica quanto pelo seu grande potencial para aplicação em várias áreas tecnológicas tais como eletrônica, spintrônica, transporte de energia e armazenamento de informação[1-5].

Compostos do tipo Bi_2X_3 como Bi_2Te_3 , Bi_2Se_3 ($X=\text{Se}, \text{Te}, \text{Sb}$) ou combinações com todos esses elementos como é o caso do $\text{BiSbTe}_{(1-x)}\text{Se}_x$ são exemplos de ITs. O Grafeno, também conhecido como a forma 2D do carbono, consiste de uma folha de grafite formada por uma rede hexagonal de átomos de carbono com uma forte ligação covalente entre os primeiros vizinhos. Efeitos relativísticos e de emaranhamento quântico, são encontrados em ambos os materiais e dão origem a uma estrutura de bandas contendo elétrons de “Dirac”, que se comportam como partículas sem massa [6], localizados na superfície e bordas do material [7]. Tais estados possuem dispersão linear formando um cone, como pode ser observado na figura 1, assim como ocorre com a dispersão dos estados dos fótons para a luz. Essa dispersão linear é que indica que as partículas não possuem massa, no caso dos fótons, ou se comportam como se não tivesse, como ocorre com os elétrons nos ITs. A origem relativística desse tipo de dispersão é responsável por dar nome ao cone, formado pela dispersão dos elétrons, de cone de Dirac.

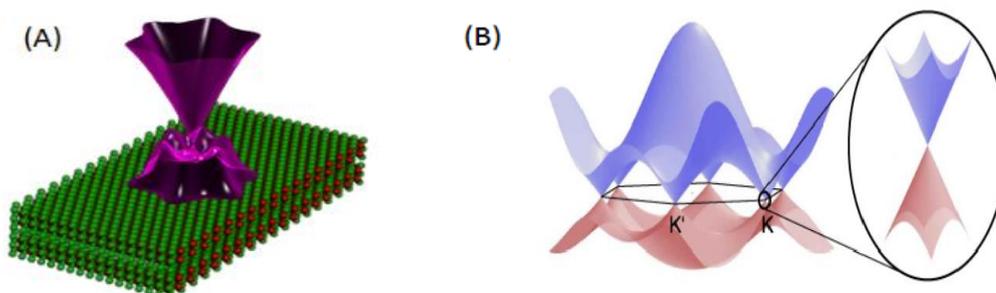


Figura 1: (a) Cone de Dirac do Isolante Topológico Bi_2Te_3 [8]. (b) Estrutura de bandas na 1ª Zona de Brillouin do Grafeno mostrando todos os seis Cones de Dirac em cada um dos pontos K, K' .

Esses materiais têm propriedades eletrônicas inteiramente nova, pois os elétrons no cone possuem comportamento balístico nas proximidades do ponto de Dirac, que acarreta em uma diminuição drástica da resistência devido a ausência de retro-espalhamento, o que torna esses materiais ótimos para aplicação e construção de dispositivos eletrônicos.

Além disso, os Isolantes Topológicos ainda possuem propriedades que os distinguem dos isolantes triviais: enquanto o volume é isolante, propriedades fundamentais da natureza (simetria de reversão temporal) impõem à superfície uma natureza metálica com os estados protegidos topologicamente. Essa proteção está relacionada com a robustez dos estados de superfície à desordem da estrutura cristalina, é a responsável por não haver retro-espalhamento dos elétrons nesses estados.

OBJETIVOS

Esse trabalho consiste:

- na preparação do substrato de Platina na face (111) para o crescimento do Grafeno. A preparação envolve uso de técnicas de bombardeamento de íons de Ar^+ sobre o substrato seguido de aquecimento para a limpeza, e caracterização química e da estrutura cristalina utilizando espectroscopia de fotoemissão de raios-X (XPS) e difração de elétrons de baixa energia (LEED).
- crescimento do Grafeno sobre Pt(111) e caracterização da estrutura eletrônica da interface Grafeno/Pt(111) utilizando espectroscopia de fotoemissão resolvida em ângulo (ARPES).
- caracterização de amostras de $\text{BiSbTe}_{2.5}\text{Te}_{0.5}$ utilizando LEED e ARPES.

Estado da ARTE

ARPES tem sido uma ferramenta ideal para estudar diversos materiais, pois oferece informação direta da função espectral no espaço dos momentos, dentre eles os Isolantes Topológicos e o Grafeno. Ela foi essencial para a observação dos estados Topológicos e do Cone de Dirac no Grafeno. A linha U11-PGM do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, à qual esse projeto será associado, dispõe de um equipamento ARPES e uma câmara MBE, ambos de última geração. A câmara de MBE é totalmente equipada para uso em limpeza e caracterização de substratos. Lá podemos utilizar um canhão de íons de Ar^+ para limpeza de substratos, um manipulador com cinco graus de liberdade, sendo 3 de translação e dois de rotação, e que nos permite aquecer a amostra até aproximadamente 900°C , e um LEED onde pode-se checar a ordem cristalina da superfície. Entre as câmaras de MBE e a de ARPES existe a possibilidade de transferência das amostras sobre atmosfera de ultra alto vácuo. O sistema de medidas ARPES é equipado com um manipulador com seis graus de liberdade e 0.05° de resolução angular e com analisador SPECS PHOIBOS 150 que pode chegar a 2 meV de resolução em energia.

METODOLOGIA

Limpeza do substrato Pt(533): o substrato de Pt(533) será preparado na câmara de MBE anexa à linha U11-PGM do LNLS, usando um canhão de íons de Ar⁺ para bombardear a superfície do substrato e um manipulador com feixe de elétrons para aquecer a amostra. Após alguns minutos de bombardeamento com íons de Ar⁺ para remoção de eventuais moléculas de gases ou átomos indesejados adsorvidos na superfície a amostra é aquecida a 900° por alguns minutos para recuperar sua estrutura cristalina. Para checar se após esse procedimento de limpeza ainda há adsorbatos sobre o substrato e se esse possui uma boa qualidade cristalina da superfície usaremos a técnica de XPS e LEED, respectivamente.

Crescimento e caracterização do Grafeno: uma vez que conseguimos garantir uma limpeza e uma qualidade cristalina razoáveis será inserido gás propileno na câmara de MBE. Esse ao entrar em contato com a superfície da Pt (533) pré-aquecida será quebrado resultando na formação do Grafeno, que poderá ser observada pelo LEED. Assim que constatado o crescimento do Grafeno, a amostra será transferida para a câmara principal de análises onde usaremos a técnica ARPES no estudo da estrutura eletrônica da interface entre o substrato e o Grafeno.

Medidas ARPES em Isolantes Topológicos: essa parte consiste em montar o esquema de clivagem in-situ de amostras para o BiSbTe_{2.5}Se_{0.5}, que será clivado no sistema de BEM, para logo após, realizarmos as medidas de ARPES para o estudo de propriedades eletrônicas desse material.

Além do projeto a ser desenvolvido o(a) estudante poderá ter contato com outras técnicas modernas de caracterização e crescimento de amostras, tais como microscopias de tunelamento e força atômica (STM, Scanning Tunneling Microscopy; AFM, Atomic Force Microscopy), entre outros.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Z. Hasan, and C. L. Kane, Rev. Mod. Phys. 82, 3045-3067 (2010)
- [2] S. C. Zhang, Matter Physics 1, 6 (2008).
- [3] J. E. Moore, Nature 464, 194 (2010).
- [4] B. A. Bernevig, Ta. L. Hughes, and S.-C. Zhang, Science 314, 1757-1761 (2006).
- [5] S. A. Wolf, et. al., Science 294, 1488 (2001).
- [6] C. Day, Phys. Today 62 (4), 12 (2009).
- [7] L. Fu, and C. L. Kane, Phys. Rev. B 76, 045302 (2007).
- [8] http://www.arpes.org.uk/Research_TIs.html