

O uso de microscopia de fotoemissão e ARPES na investigação de materiais magnéticos e multiferroicos

Pesquisadora responsável: Dayane de Souza Chaves (dayane.chaves@lnls.br)

Laboratório Nacional de Luz Síncrotron – LNLS

Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM

Introdução

Ao longo dos anos, grandes descobertas foram feitas na área da nanotecnologia e conhecer as propriedades da matéria na escala nanométrica tem sido muito importante para o avanço tecnológico. Portanto, ser capaz de conhecer, manipular e tentar controlar essas propriedades se tornou uma necessidade.

A grande questão é, se quisermos entrar nesse mundo nanométrico também precisamos de técnicas que sejam capazes de enxergar e analisar coisas muito pequenas. E é nessa hora que te apresento uma técnica de espectroscopia de fotoelétrons, a chamada microscopia de fotoemissão de elétrons – PEEM (*Photoemission Electron Microscopy*) (Figura 1). Baseada no conhecido efeito fotoelétrico (*prêmio Nobel do Einstein!!!*) (Figura 2), o fenômeno onde elétrons são emitidos da matéria em resposta ao processo de absorção da radiação eletromagnética, o PEEM cria uma imagem da distribuição desses fotoelétrons. E o interessante é que essas imagens podem conter informações das características topográficas, da função trabalho ou de heterogeneidades na distribuição elementar e mudanças químicas ou até mesmo sobre os momentos magnéticos da superfície de uma amostra de interesse.

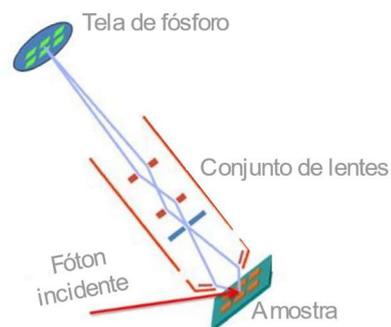


Figura 1 - Esquema do funcionamento do PEEM.

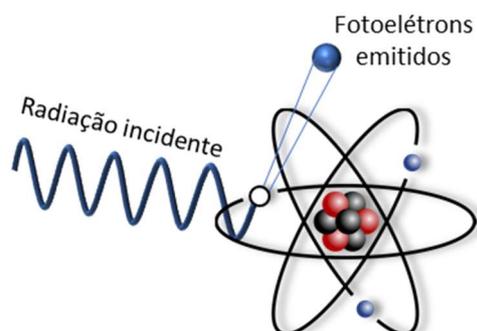


Figura 2 - Representação esquemática do Efeito Fotoelétrico.

Se quisermos ir um pouco mais além do PEEM, podemos falar também sobre a técnica de ARPES, uma técnica de fotoemissão resolvida em ângulo, que é uma técnica vital para investigar a estrutura de banda eletrônica de sólidos, onde os espectros mostram dados da energia e do momento dos elétrons fotoemitidos da amostra. Por exemplo, ARPES foi uma das técnicas experimentais

mais utilizadas para estudar supercondutores.

E sabe o que é mais legal? Que além da imagem direta da superfície da amostra que temos no PEEM, o microscópio também é capaz de fazer ARPES. Nesse caso, chamamos de 'micro-ARPES' pois, a medida pode ser feita numa área muito pequena da amostra. Dessa forma, esta técnica nos permite estudar a estrutura eletrônica em materiais e reconstruir as superfícies 3D de Fermi em alta resolução espacial. E não se preocupe se você não souber o que é "superfície 3D de Fermi"... vai aprender nesse projeto!

Nessa proposta de iniciação científica você vai trabalhar principalmente junto ao microscópio PEEM que será instalado na linha SABIÁ do SIRIUS. Inicialmente o projeto terá uma abordagem de conhecimento do microscópio tanto fazendo imagens das amostras quanto ARPES. Nesse sentido, a candidata ou candidato selecionado terá oportunidade também de trabalhar em um instrumento de ARPES tradicional e comparar esses resultados. Uma vez adquirido familiaridade com a instrumentação, o projeto de IC passaria a utilizar a microscópio PEEM tanto para fazer imagens quanto ARPES de amostras magnéticas e magnetoelétricas que são crescidas dentro do nosso grupo.

Esse trabalho envolve, portanto, a utilização de dois instrumentos muito avançados de caracterização por síncrotron: o microscópio PEEM e o analisador tradicional de ARPES. Além disso, para obter medidas de ARPES é necessário um controle muito profundo da preparação da superfície das amostras. Dessa maneira você também vai adquirir experiência em técnicas de física de superfície como vácuo e criogenia, preparação de amostras metálicas e crescimento de filmes finos.

Com este trabalho, vamos aprender melhor sobre a microscopia e as possibilidades de estudar a estrutura eletrônica de amostras magnéticas e óxidos multiferroicos, não só com o PEEM no modo imagem, mas também obter resultados utilizando a técnica de micros-ARPES.

Estado da Arte

Medidas de microscopia PEEM são realizadas em diversos síncrotrons no mundo. O SIRIUS é um síncrotron de última geração e como tal vai propiciar que o instrumento seja utilizado em seu limite. Usualmente é possível obter imagens com poucas dezenas de nanômetros de resolução. O importante é observar que nessa imagem podemos ter contraste químico, cristalográfico, dielétrico ou ainda magnético. Além de imagens, é possível realizar medidas de ARPES nesse microscópio em regiões também da ordem de poucas dezenas de nanômetros.

Objetivos

Durante a parte inicial do projeto vamos comparar os resultados de micro-ARPES obtidos no PEEM, com os resultados de ARPES no instrumento tradicional. Uma vez feita essa comparação e adquirido um mínimo de experiência nos instrumentos, o objetivo seguinte será de utilizar essa experiência para estudar amostras reais.

Metodologia

A metodologia utilizada para a realização desse trabalho será primeiramente compreender os fundamentos teóricos dessas técnicas de espectroscopia e entender como isso funciona na prática fazendo uso do PEEM disponível na linha SABIÁ do SIRIUS, medindo inicialmente amostras de monocristais metálicos (cobre e cromo). Para isso, o estudante deve ter envolvimento em toda a parte experimental e de instrumentação necessária para o sucesso do experimento, incluindo a preparação das superfícies das amostras. Uma vez obtido experiência com os monocristais metálicos, usaremos esses instrumentos para estudar filmes metálicos e filmes de óxidos (HfO_2 , BaTiO_3 , BiFeO_3) crescidos dentro do nosso grupo, além de eventuais amostras de colaboradores internos e externos ao SIRIUS.

Referência

Se quiser saber mais sobre o assunto consulte a seção 6.8 do livro:

Willmott, Philip. An Introduction to Synchrotron Radiation: Techniques and Applications. Wiley - 2011.

Corre lá! Está disponível em e-book na biblioteca da física da UNICAMP.