

Utilizando raios X para observar ondas de spin em materiais magnéticos

Pesquisador responsável: Thiago José de Almeida Mori

Unidade: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron

INTRODUÇÃO

O conhecimento fundamental das propriedades de transporte de cargas elétricas, especialmente em semicondutores como silício, permitiu que a microeletrônica se tornasse uma grande propulsora do desenvolvimento social e econômico desde a metade do século XX. Considerando a revolução nas tecnologias de computação e informação, o estudo do micro e nanomagnetismo também alavancou importantes desenvolvimentos tecnológicos nos campos de gravação magnética, sensores e processamento de informação. Mais especificamente, o uso do spin do elétron como portador de informação, além de sua carga, é a grande revolução da chamada eletrônica de spin, ou spintrônica. Uma outra proposta é utilizar ondas de spin (magnons, figura 1) como portadoras de informação, campo estudado pela magnônica. A integração dessas áreas deu origem ao conceito da magnon spintrônica (figura 2), onde a informação transportada através de ondas de spin (magnônica) pode ser convertida em correntes de carga (eletrônica) e/ou de spin (spintrônica). O rápido avanço destas áreas de pesquisa ao longo das últimas décadas tem proporcionado a descoberta de novos fenômenos dependentes do spin que, além de serem extremamente interessantes para aplicações em futuras tecnologias, também abrem novas questões fundamentais em física da matéria condensada.

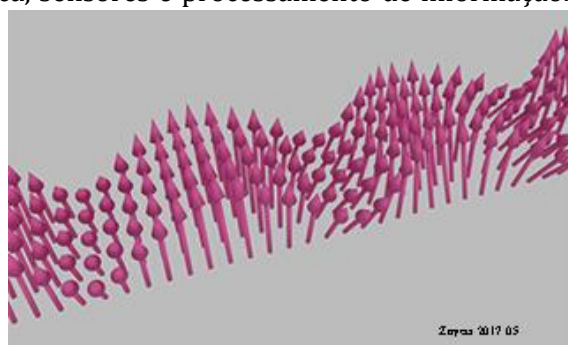


Figura 1: representação de uma onda de spin (magnon). Ref. [1].

Magnon é a quase-partícula associada a um distúrbio no ordenamento magnético local de um sólido, que se propaga na forma de uma onda (figura 1). Desta forma, magnons podem ser considerados excitações do comportamento coletivo de uma "multidão" de elétrons com spins alinhados. Cada spin é como um torcedor que, alternadamente, fica em pé, ergue os braços e volta a sentar em um estádio. A "ola", que apesar de transmitir informação só é vista ao se observar o comportamento coletivo da multidão, é como o magnon. A ideia central da magnônica é usar estas ondas de spin para transportar informação em tecnologias eficientes energeticamente, sem necessidade do fluxo dissipativo da carga do elétron como na eletrônica. Além da

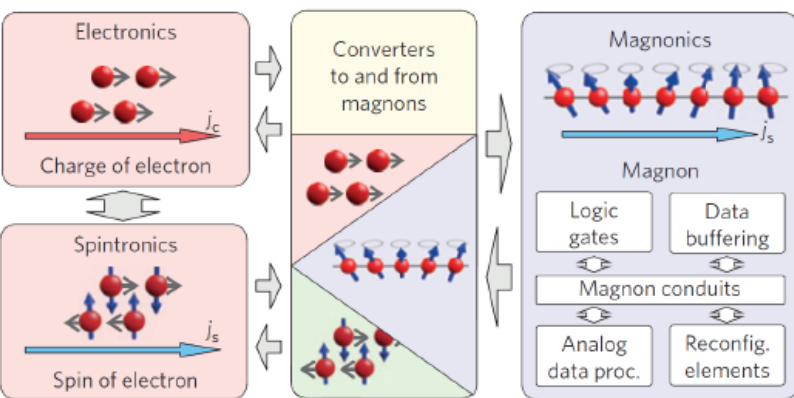


Figura 2: o conceito de magnon spintrônica. Ref. [2].

magnon spintrônica, esta ideia tem enorme potencial para desenvolver áreas como computação quântica, telecomunicações e armazenamento de dados. Entretanto, o forte amortecimento de ondas de spin que ocorre em altas frequências (THz) ainda impede o desenvolvimento de nanodispositivos magnônicos ultra-rápidos. Além disso, a origem intrínseca deste amortecimento ainda é uma questão física em aberto. Para avançar, precisamos compreender melhor a física de magnons de alta frequência.

OBJETIVOS

Este projeto busca contribuir para a compreensão das propriedades de transporte de magnons de alta frequência com o uso de uma nova técnica de espectroscopia chamada espalhamento inelástico ressonante de raios X (RIXS), disponível em síncrotrons de 4ª geração como o SIRIUS. Esta técnica permitirá a realização de medidas de energia vs momento (relação de dispersão) dos magnons em materiais magnéticos. A relação de dispersão é uma medida fundamental que nos permitirá olhar para interações microscópicas que podem estar por trás dos mecanismos que governam o amortecimento de ondas de spin. Sendo assim, o principal objetivo deste projeto é revelar esses mecanismos microscópicos de forma com que possamos verificar se é possível manipular propriedades atômicas e eletrônicas de um material magnético cristalino para que propague ondas de spin de alta frequência duradouras, com baixo amortecimento.

METODOLOGIA

Este projeto pode ser dividido em 3 grandes etapas, que podem ocorrer simultaneamente ou não: 1) preparação de amostras e caracterizações convencionais, 2) caracterização avançada RIXS e 3) estudos teórico-computacionais. Neste contexto, o plano de trabalho do bolsista PIBIC será focado em uma destas 3 áreas, de acordo com o perfil do estudante.

Preparação de amostras e caracterização convencional: filmes finos epitaxiais de materiais magnéticos poderão ser produzidos através de diferentes métodos de deposição por vapor físico. A caracterização convencional destes materiais compreende, por exemplo, o estudo de 1) propriedades estruturais e morfológicas por técnicas de difração e espalhamento de raios X, microscopias eletrônicas e/ou de varredura por sonda, 2) propriedades eletrônicas por técnicas de espectroscopias de fotoemissão, e 3) propriedades magnéticas por técnicas de magnetometria.

Caracterização avançada RIXS: esta etapa diz respeito à técnica de espalhamento inelástico ressonante de raios X (RIXS), que desempenhará o papel central deste projeto através das medidas de estrutura de bandas magnônica e relação de dispersão (energia vs momento) de magnons de alta frequência. Em um primeiro momento o plano de trabalho será focado no comissionamento do espectrômetro RIXS que está sendo montado na linha IPE do SIRIUS, ou seja, envolverá muitas atividades de instrumentação científica. Após o espectrômetro entrar em operação, o foco será em estabelecer uma metodologia para o estudo de magnons de alta frequência em materiais magnéticos através desta técnica, permitindo com que os objetivos do projeto possam ser alcançados.

Estudos teórico-computacionais: em um espectro obtido por RIXS, a identificação dos magnons não é simples, pois outras excitações elementares (como fônons) também podem estar presentes e possuem energias próximas. De forma mais geral, a análise completa da estrutura de bandas magnônica não é trivial, e normalmente necessita ser confrontada por cálculos e simulações teóricas. Neste contexto, esta etapa do projeto compreende o desenvolvimento de métodos e estratégias teórico-computacionais que darão suporte à análise dos dados obtidos pela técnica de espalhamento inelástico ressonante de raios X.

REFERÊNCIAS

[1] https://staff.aist.go.jp/v.zayets/spin3_47_exchange.html. Acessado em 27/04/2020.

[2] A.V. Chumak et al., Nature Physics 11, 453 (2015).