
PROJETO DE PESQUISA

Programa de Iniciação Científica e Tecnológica – CBPF

Nome do Orientador e Coordenação (Pesquisador/Tecnologista/Pós-doc):

Nicholas Figueiredo Prestes (Pesquisador CBPF/COMAN)

Nome do pesquisador ou tecnologista e Instituição de Pesquisa Externa: (Coorientador ou Colaborador externo, se houver):

Danian A. Dugato (Pós-doc CBPF/COMAN)

Nome do Supervisor e Coordenação: (Pesquisador/Tecnologista):

Nicholas Figueiredo Prestes (Pesquisador CBPF/COMAN)

Título do Projeto:

Bits antiferromagnéticos sintéticos

Palavra-chave:

Spintrônica, magnetismo, simulações micromagnéticas, microfabricação

Área de conhecimento:

Física da Matéria Condensada

Pré-requisitos desejáveis (se houver):

Ciclo básico de Física ou áreas afins completo

Pré-requisitos obrigatórios (se houver):

Física básica I e Cálculo I cursados

Possibilidade de orientação remota:

Sim Não

PROJETO: Bits Antiferromagnéticos Sintéticos

1. Introdução

O armazenamento e a manipulação de informação em sistemas magnéticos são centrais em diversas tecnologias contemporâneas, desde discos rígidos até memórias magnetoresistivas (MRAMs). Tradicionalmente, esses dispositivos utilizam materiais ferromagnéticos, nos quais o momento magnético dos elementos de memória pode ser controlado eletricamente. Contudo, à medida que os dispositivos são miniaturizados, limitações como instabilidades térmicas e interferências de campo externo dificultam a implementação destes elementos em aplicações práticas.

Nesse contexto, os antiferromagnetos sintéticos (SAFs, do inglês *Synthetic AntiFerromagnets*) surgem como uma alternativa promissora. Eles consistem em estruturas multicamadas, geralmente formadas por duas camadas ferromagnéticas acopladas antiferromagneticamente através de uma camada separadora metálica não magnética (como o rutênio, Ru), resultando em uma estrutura artificial com momento magnético líquido nulo. A ideia dos SAFs foi inicialmente explorada no final da década de 1980, no contexto dos estudos de magnetoresistência gigante (GMR), cuja descoberta rendeu o Prêmio Nobel de Física em 2007. Desde então, os SAFs têm sido amplamente estudados em dispositivos spintrônicos, especialmente como camadas de referência ou de acoplamento em válvulas de spin e junções magnéticas (Figura 1).

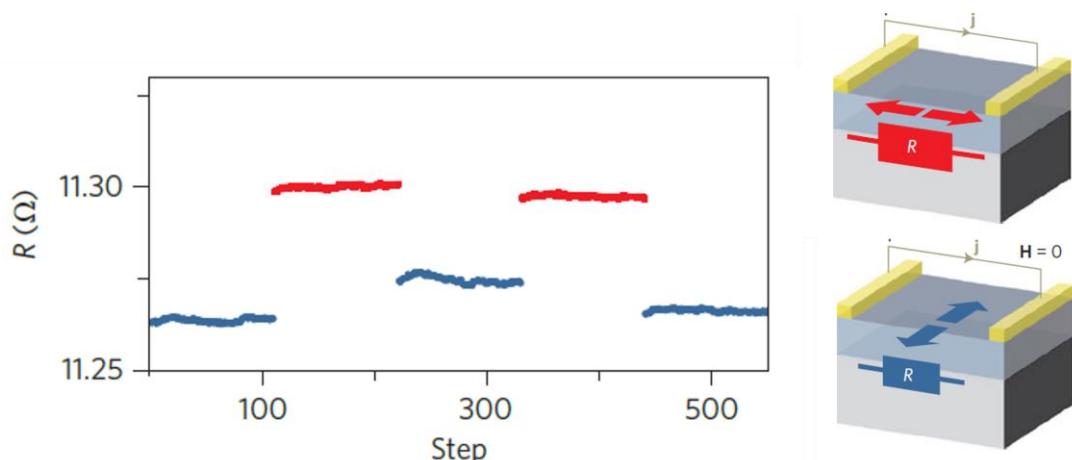


Figura 1: Painel à esquerda, chaveamento da resistência em um dispositivo SAF via ciclos de aquecimento e resfriamento. Painel à direita, esquema da orientação dos momentos magnéticos do dispositivo SAF. Adaptado de [1].

Atualmente, com o avanço da nanofabricação e da engenharia de materiais, é possível projetar SAFs com propriedades ajustáveis, como a intensidade e o sinal do acoplamento intercamadas (ex. RKKY), anisotropias magnéticas, e dinâmica de reversão. Essa versatilidade torna os AFS candidatos ideais para bits magnéticos escaláveis, com potencial aplicação em memórias de próxima geração, dispositivos lógicos magnéticos e sensores altamente sensíveis.

Neste projeto, propomos uma investigação experimental dos SAFs visando sua aplicação como bits magnéticos. O trabalho envolve a deposição e otimização de multicamadas metálicas, seguida da microfabricação de dispositivos e sua caracterização magnética e elétrica. É previsto também o desenvolvimento de simulações micromagnéticas.

2. Justificativa

O desenvolvimento de bits magnéticos baseados em AFS representa um avanço estratégico na área de spintrônica. Além de oferecer vantagens funcionais em relação a sistemas ferromagnéticos tradicionais, essas estruturas permitem novas formas de controle e leitura do estado magnético. A formação de um estudante em um projeto desse tipo oferece uma rica experiência interdisciplinar, combinando física do estado sólido, técnicas de fabricação e caracterização experimental avançadas, alinhando-se às prioridades atuais da pesquisa científica e tecnológica internacional.

3. Objetivos específicos:

- Depositar e otimizar filmes finos multicamadas com acoplamento antiferromagnético.
- Microfabricar dispositivos magnéticos com diferentes geometrias.
- Realizar medidas de magnetometria e transporte eletrônico
- Realizar simulações micromagnéticas acerca das propriedades estáticas dos SAFs e da dinâmica de reversão nestes sistemas.

4. Metodologia

1. Deposição de Filmes Finos: Uso de técnicas como sputtering em ultra-alto vácuo para a deposição de multicamadas magnéticas (ex: Co/Ru/Co).
2. Caracterização Estrutural e Magnética: Técnicas como magnetometria por efeito Hall anômalo, magnetoresistência, e, se disponível, MOKE (Magneto-Optical Kerr Effect).
3. Microfabricação de Dispositivos: Processos litográficos (fotolitografia ou e-beam) definir estruturas funcionais.
4. Medidas de Transporte: Medidas elétricas em função de campo magnético e temperatura, utilizando sistema de criostato com controle de temperatura.
5. Desenvolvimento e implementação de Simulações micromagnéticas.

5. Referências Bibliográficas

- [1] Jungwirth, T., Marti, X., Wadley, P. et al. Antiferromagnetic spintronics. *Nature Nanotech* 11, 231–241 (2016). <https://doi.org/10.1038/nnano.2016>.
- [2] Duine, R.A., Lee, K.J., Parkin, S.S.P. et al. Synthetic antiferromagnetic spintronics. *Nature Phys* 14, 217–219 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41567-018-0050-y>
- [3] Figueiredo-Prestes, N., Krishnia, S., Collin, S., et.al. Magnetization switching and deterministic nucleation in Co/Ni multilayered disks induced by spin-orbit torques. *Appl. Phys. Lett.* 119, 032410 (2021). <https://doi.org/10.1063/5.0050641>