

Nanoespectroscopia de terahertz síncrotron: desenvolvimento experimental e aplicação em materiais quânticos

Bolsista: **A definir (formação em Engenharia Física ou Física)**

Orientador: **Raul de Oliveira Freitas (LNLS)**

Instituição sede: **Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)**

Instituição de ensino: **A definir**

Resumo

Várias questões recentes relacionadas a propriedades locais de materiais bidimensionais (2Ds) se encontram na faixa de frequências de poucos terahertz (THz). Dentre estas questões está a possibilidade da existência de ondas de polárítos em 2Ds baseados em Dicalcogenetos de Metais de Transição (TMDs), coexistentes com a atividade de fônons na faixa de THz nestes materiais [1]. Tais ondas ainda não foram confirmadas experimentalmente dado que não existe um experimento capaz de realizar espectroscopia de THz com resolução espacial de poucas dezenas de nanômetros. Este plano de trabalho de projeto de Doutorado, que é vinculado ao projeto Jovem Pesquisador em análise, integra o desenvolvimento de instrumentação pioneira para realização de nanoscopia e nanoespectroscopia em comprimentos de onda de até 100 μm . Explorando o conceito de Microscopia de varredura óptica de campo próximo do tipo espalhamento (s-SNOM)[2], [3], o projeto utilizará radiação IR e THz da nova estação IMBUIA do Sirius e explorará um arranjo interferométrico alternativo para a s-SNOM e prevê um ganho em sensibilidade de até 6 vezes em comparação aos experimentos atuais, além de estender o alcance espectral ao THz. Este projeto de física experimental e instrumentação visa a formação de um pesquisador nesta importante modalidade de ultramicroscopia. O projeto tem potencial de colocar o Brasil na vanguarda do tema, dado que o alcance espectral extremo para a nanoespectroscopia em longos comprimentos de onda é $\lambda=30 \mu\text{m}$ [4].

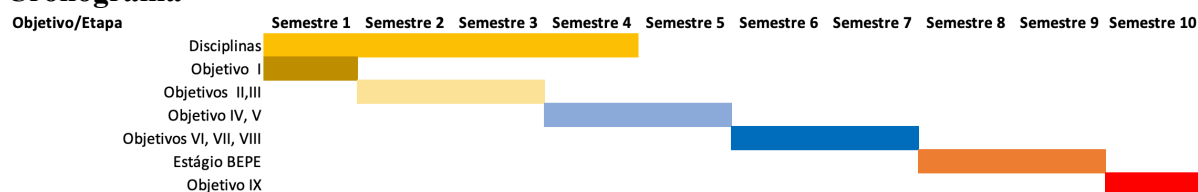
Objetivos

- I. Pesquisa bibliográfica e introdução aos métodos de simulação óptica
- II. Simulações via “raytracing” e “wave propagation optics” do layout óptico do novo nanoscópio THz tendo o feixe síncrotron como parâmetro de entrada;
- III. Projeto conceitual, detalhamento e construção de óptica de focalização para s-SNOM com feixe THz
- IV. Montagem de layout interferométrico Mach-Zehnder e testes iniciais de desempenho com o novo nanoscópio
- V. Contribuição na redação e submissão de artigo reportando resultados do objetivo anterior
- VI. Experimento THz s-SNOM com pontas de AFM com diferentes comprimentos. Registro de desempenho do experimento para as diferentes sondas em materiais conhecidos.
- VII. Contribuição na redação e submissão de artigo reportando resultados do objetivo anterior
- VIII. Testes com o conceito de detecção balanceada na faixa de mid-IR explorando o arranjo interferométrico Mach-Zehnder
- IX. Redação, entrega e defesa de tese

Plano de trabalho

O primeiro semestre do projeto (Objetivo I) será dedicado a ambientação do aluno no grupo, com pesquisa bibliográfica e estudos direcionados e primeiro contato com softwares de simulação óptica (“Raytracing” e “Wave optics”). Espera-se que o aluno alcance um nível de conhecimento e maturidade tal que tenha autonomia nas simulações dos elementos ópticos do novo nanoscópio. No segundo e terceiro semestres (Objetivos II, III) o aluno atuará na modelagem óptica e projeto do principal elemento focalizador no experimento s-SNOM. Para isso o aluno deverá simular esta óptica com parâmetros de entrada do feixe THz síncrotron da nova estação IMBUIA do Sirius. Espera-se que as simulações forneçam os níveis de desempenho a serem checados experimentalmente no objetivo IV. Estes resultados devem ser organizados em manuscrito para submissão em revista especializada em óptica (Objetivo V). Após passar pela etapa de prova de conceito e testes iniciais, o aluno deverá se dedicar ao teste com amostras conhecidas de TMDs assim como deverá testar diferentes pontas de AFM com variados comprimentos (Objetivo VI). Os resultados deverão ser organizados em manuscritos e submetidos para revista especializada (Objetivo VII). Com o novo layout interferométrico em operação, o aluno deverá testar um conceito estabelecido em técnicas de alto desempenho óptico, a detecção balanceada [5], [6] (Objetivo VIII). O objetivo é confirmar se há um ganho expressivo em sensibilidade na faixa de mid-IR por meio do uso de dois detectores a operar de forma síncrona no s-SNOM. Neste ponto do projeto (oitavo semestre), o aluno fará um estágio de 1 ano no exterior via o programa de Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE) da FAPESP em grupo de pesquisa especializado no tema, como o liderado pelo professor Rainer Hillenbrand, um dos maiores nomes da área e que apoiou este projeto. No último semestre o aluno se dedicará na compilação dos avanços de seu projeto em sua tese (Objetivo IX) e em possível submissão de manuscrito com resultados complementares.

Cronograma



Referências

- [1] H. Terrones *et al.*, “New First Order Raman-active Modes in Few Layered Transition Metal Dichalcogenides,” *Sci. Rep.*, vol. 4, pp. 1–9, 2014.
- [2] F. Keilmann and R. Hillenbrand, “Near-field microscopy by elastic light scattering from a tip,” *Philos. Trans. A. Math. Phys. Eng. Sci.*, vol. 362, no. 1817, pp. 787–805, 2004.
- [3] B. Knoll and F. Keilmann, “Near-field probing of vibrational absorption for chemical microscopy,” *Nature*, vol. 399, no. May, pp. 7–10, 1999.
- [4] O. Khatib, H. A. Bechtel, M. C. Martin, M. B. Raschke, and G. L. Carr, “Far Infrared Synchrotron Near-Field Nanoimaging and Nanospectroscopy,” *ACS Photonics*, vol. 5, pp. 2773–2779, 2018.
- [5] G. D. Houser and E. Garmire, “Balanced detection technique to measure small changes in transmission,” *Appl. Opt.*, vol. 33, no. 6, pp. 1059–1062, Feb. 1994.
- [6] H. R. Carleton and W. T. Maloney, “A Balanced Optical Heterodyne Detector,” *Appl. Opt.*, vol. 7, no. 6, p. 1241, Jun. 1968.