



DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÕES DE UM ESPECTRÔMETRO SUB - TERAHERTZ

Palavras-Chave: terahertz, espectroscopia, sensoriamento

Autores(as):

MARCELLA FERNANDA DAMACENO NEVES, IFGW – UNICAMP
Prof. Dr. FLÁVIO CALDAS DA CRUZ (orientador), IFGW – UNICAMP
MAURÍCIO PAULA ARRUDA, IFGW – UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A chamada espectroscopia se baseia no estudo da absorção e emissão de luz e outras radiações pela matéria, em relação à dependência desses processos ao comprimento de onda da radiação, e tem sido crucial no desenvolvimento das teorias mais fundamentais da física, incluindo a mecânica quântica, as teorias especial e geral da relatividade e a eletrodinâmica quântica. Técnicas espectroscópicas têm sido aplicadas em praticamente todos os campos técnicos da ciência e tecnologia, por exemplo, a espectroscopia de micro-ondas foi usada para descobrir a chamada radiação de corpo negro de três graus, o remanescente do big bang da qual se acredita que o universo se originou; e a espectroscopia óptica é usada rotineiramente para identificar a composição química da matéria e determinar sua estrutura física [1].

Já o chamado teraHertz é entendido como radiação eletromagnética na faixa de frequência do infravermelho, com comprimentos de onda 3 mm a 30 μm , e apresenta características tanto da região de microondas como de óptica, possuindo propriedades únicas. Uma de suas propriedades e aplicabilidades é sua capacidade de penetrar materiais opacos para luz visível, como fumaça, papel, papelão, plásticos, madeira, cerâmica e tecidos, ou seja, a espectroscopia de tais materiais.

Deste modo, se mostra evidente a utilidade do desenvolvimento de novas tecnologias na área de espectroscopia para o infravermelho distante. Assim, o projeto tem por objetivo desenvolver um espectrômetro “sub-THz”, na faixa entre 120 e 240 GHz, e utilizá-lo para espectroscopia de materiais variados.

METODOLOGIA:

O principal objetivo do projeto é a montagem do sistema sub-THz, a partir do material disponível no laboratório, como também de sua melhoria, compactação e modernização. Dessa maneira, a metodologia para o projeto é tal que um emissor constituído por um gerador de microondas,

sintonizáveis e monocromáticas faz uma varredura de frequência entre 10 GHz e 20 GHz e multiplicadores amplificam o sinal em 12 vezes, sendo este, por sua vez, emitido livremente no espaço por uma pequena antena. O feixe propaga-se de forma semelhante a um feixe laser Gaussiano, sendo colimado e focalizado por espelhos parabólicos na amostra e posteriormente no detetor (zero-bias detector), e finalmente o sinal do detetor é registrado em conjunto com a frequência e potência do gerador, de modo que o espectro é obtido, conforme observa-se pelas figuras abaixo.



Figura 1 - Caracterização do espectro sub-THz na faixa de frequência entre 120 e 240 GHz, obtida em 31/05/2023

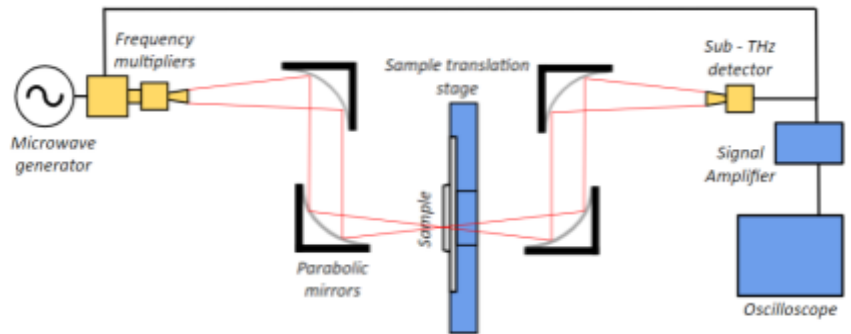


Figura 2 - Diagrama da montagem

Ademais, uma ramificação esperada do projeto é a formação de imagens espectroscópicas das amostras, de modo que estas são movidas em direção transversal ao feixe e o sinal do detetor é armazenado em matrizes, possibilitando a formação de imagens via software.

Após testes com diversas linguagens de programação, o software de geração das imagens e automação do sistema foi elaborado através de LabVIEW, escolhido devido à facilidade em acessar os equipamentos de instrumentação e varredura, juntamente com a utilização de Arduino, à capacidade de projetar a interface gráfica em paralelo com a programação e à extensa documentação existente [2]. A aplicação analisa uma linha da amostra, adquirindo o valor da intensidade do sinal capturado pelo detetor e o insere em uma matriz em função da posição da amostra no momento da aquisição. A matriz é então transformada em um mapa de pixels em escala de cinza e posteriormente em uma

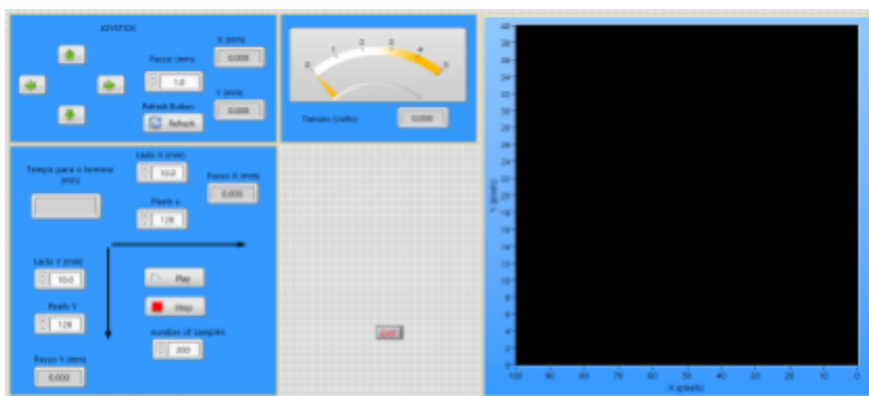
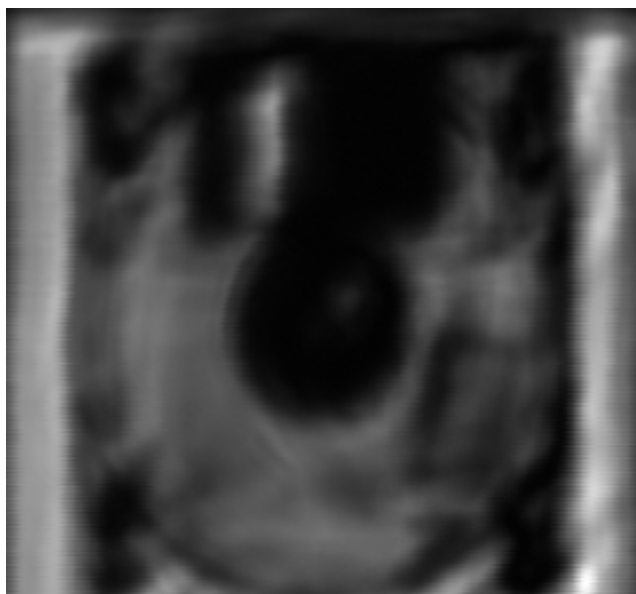


Figura 3 - Interface do programa de automação e aquisição de dados para formação de imagens. Autoria de Claudécir Ricardo Biazoli.

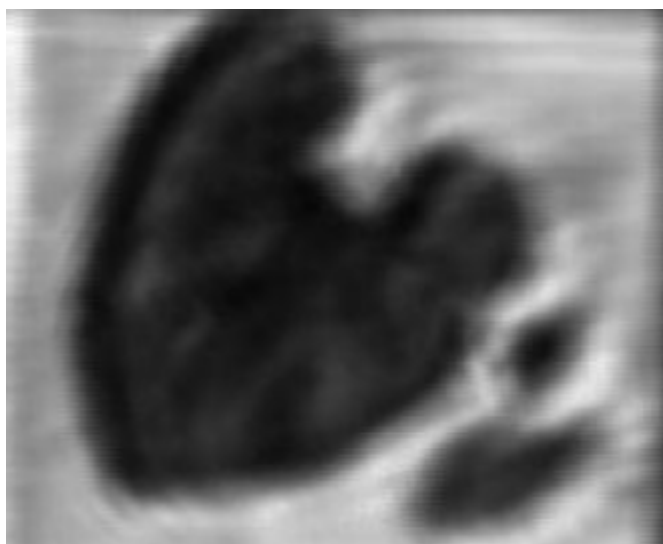
imagem de extensão .jpg. Por fim, o usuário consegue determinar o tamanho da amostra a ser varrida, como também o número de pixels desejado, e o programa fornece ainda uma prévia da imagem à medida que a varredura é efetuada, conforme observa-se ao lado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os primeiros testes foram realizados com amostras disponíveis no laboratório. A *Figura 4* apresenta a imagem espectroscópica com 256x256 pixels de um disquete obtida na frequência de 204 GHz; com um interior formado por materiais diversos, espera-se que o feixe atravessasse sem dificuldade suas partes plásticas mas não atravessasse o metal. É possível notar que o objetivo foi atingido e o interior opaco do material se tornou observável. Semelhantemente, foi obtida a imagem de folhas diversas com 128x128 pixels na frequência de 192 GHz (*Figura 6*); de maneira que a aplicação do sistema em amostras biológicas se mostra possível e desejável.



Figuras 4 e 5 - Imagem de transmissão do interior de um disquete à 204 GHz e amostra real



Figuras 6 e 7 - Imagem de transmissão do interior de folhas à 192 GHz e amostras reais

Imagens em sub-THz como as obtidas já têm sido usadas em diversas áreas como para detecção de explosivos, identificação de objetos metálicos perigosos, inspeção de pessoas em

aeroportos, detecção de tóxicos em agentes biológicos, objetos escondidos em embalagens, identificação de impurezas em alimentos, identificação não invasiva de gases no interior de frascos, entre outros [3]. À vista disso, o sistema criado se mostra eficaz para utilização em tais diversas aplicações necessárias à sociedade.

CONCLUSÕES:

A espectroscopia envolve o uso de radiação eletromagnética e suas propriedades para elucidar informações sobre amostras; ademais a utilização de espectroscopia terahertz se mostra aplicável em diversas áreas e necessita de avanços para que sistemas baratos e que podem se tornar portáteis, como o apresentado no projeto, encontrem maior disseminação e utilização pela comunidade científica.

Por fim, o sistema de detecção discutido ainda apresenta grande possibilidade de melhora, principalmente em sua estrutura. Espera-se uma melhora na qualidade das imagens e espectros obtidos através da execução de novos testes, de modo que amostras mais variadas terão imagens formadas, como compósitos usados na indústria petrolífera e óxidos de ferro [4]. No campo experimental visa-se ainda uma determinação da intensidade de transmissão em materiais em função de suas composições e espessuras.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CHU, S., STONER, J. O., HURST, G. S. **Spectroscopy**, Britannica. Disponível em <<https://www.britannica.com/science/spectroscopy>>. Acesso em 15 de Julho de 2023;
- [2] MELO, A. M., TOLEDO, M. A. P. Toledo, ROCHA, A., PLOTTEGHER, M. B., PEREIRA, D. and CRUZ, F. C. **Imaging with monochromatic sources at 0.2 and 2.5 TeraHertz**, BR Labs Ltda, Rua Lauro Vannucci 1020, Campinas, SP, 13087-548, Brazil, Instituto de Física Gleb Wataghin, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 13083-859, Brazil;
- [3] KARPOWICZ, N. **Compact continuous-wave subterahertz system for inspection applications**, Appl. Phys. Lett., 86, 054105 (2005);
- [4] KHAN, A. A. **Tuning of spin reorientation temperature of SmFeO₃ by doping of Tm³⁺ ion: Role of exchange interaction between 4f & 3d electrons**, Journal of Alloys and Compounds 808 (2019) 151603;
- [5] SIEGMAN, A. E. **Lasers**, University Science Books;
- [6] VERDEYEN, J. T. **Laser Electronics**, 3rd Ed., Prentice Hall;
- [7] YARIV, A. **Optical Electronics**, 4th Ed., Saunders College Publishing;
- [8] DEMTRODER, W. **Laser Spectroscopy**, Springer, 2006.