

Plano de Pesquisa de Mestrado

**Estudo de sistemas de sensoriamento de dielétricos
utilizando antenas de micro-ondas e nanomateriais**



Universidade de São Paulo

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Candidato: Rodrigo Anjos de Souza
Orientadoras: Fatima Salete Correra, Elisabete Galeazzo
Período: 1º quadrimestre de 2021

Introdução

Antenas de microfita são um dos tipos mais utilizados atualmente em frequências de micro-ondas, principalmente quando o tamanho, o peso, dimensão, flexibilidade, baixo custo são condições necessárias, e por esta razão encontram-se atualmente em diversos aparelhos de comunicação de aplicação militar e comercial. Apesar de desvantagens como baixa eficiência e banda estreita quando comparadas a outros tipos e estruturas de antenas [1], as de microfita apresentam facilidade construtiva (utilizando-se tecnologia de circuito impresso) e grande versatilidade. Por serem fabricadas sobre substratos planos, análises relacionadas à região de campo próximo reativo [1] podem ser simplificadas, facilitando sua utilização como sensores, cujo princípio de detecção baseia-se na variação da permissividade do meio.

Dada a facilidade destacada, diversos estudos têm sido realizados explorando-se a utilização de soluções integradas de osciladores de micro-ondas e de antenas de microfita, com o propósito de se medir a constante dielétrica de materiais incorporados às estruturas de antenas planares [4 - 8]. Com isso, torna-se interessante integrar antenas e circuitos de micro-ondas com nanomateriais (que possuem entre suas características elevada área superficial em relação ao volume) no desenvolvimento de redes de sensores sem fio para monitoramento remoto de produtos químicos, analisando-se a variação da permissividade do substrato pela adsorção de moléculas gasosas de interesse. Sistemas vestíveis para análise de gases do ambiente e seus efeitos na saúde, ou mesmo o monitoramento da qualidade do hálito exalado durante a respiração para identificação de algum tipo de doença, também são tópicos de estudo e de desenvolvimento na atualidade utilizando-se o mesmo conceito [10 - 12].

Um exemplo de aplicação que merece atenção é apresentado em [4]. Neste estudo, a variação de impedância da antena devido à presença de dielétricos em seu campo próximo reativo é utilizado como um meio para a variação da frequência de ressonância do circuito tanque do oscilador. Tal decisão, apesar de limitar significativamente a variação de constantes dielétricas que podem ser detectadas, apresentou um método prático da realização de sensores sem a necessidade de processamento de sinais, demonstrando seu uso em aplicações de larga escala.

Dado o contexto citado, pretende-se desenvolver nesta pesquisa de mestrado um sistema de sensoriamento de gases utilizando-se antenas de micro-ondas e nanomateriais. Para isso, deverá ser realizado um estudo para melhor entendimento de cada um dos componentes que constituem um sistema de sensoriamento baseado em antenas e nanomateriais, analisando-se diferentes tipos de antenas, osciladores [2][3][13], nanomateriais e métodos de codificação de dados. Inicialmente serão testados nanomateriais carbonados, como por exemplo nanotubos de carbono e grafenos, mas outros tipos de nanomateriais poderão ser utilizados. Os gases a serem testados inicialmente serão compostos orgânicos voláteis (como etanol e acetona). Junto ao estudo e caracterização do sensor em si, pretende-se aplicar os conhecimentos adquiridos para realização prática de um protótipo funcional, o qual poderá ser aplicado na caracterização de nanomateriais e contribuir no processo de modelagem da interação de moléculas polares adsorvidas na sua superfície submetidas a sinais de micro-ondas [9].

Objetivos

Propor, projetar, construir e caracterizar um sistema de sensoriamento de gases utilizando-se antenas de micro-ondas e nanomateriais, para detecção de compostos orgânicos voláteis.

Metodologia

A pesquisa será realizada de acordo com as etapas a seguir.

1. Análise de tipos de antenas de micro-ondas, suas características intrínsecas e a variação das mesmas mediante a presença de diversos materiais dielétricos (nanomateriais) em seu campo reativo próximo.
2. Análise de topologias de osciladores de micro-ondas e a mudança de seu comportamento mediante à variação da carga associada.
3. Estudo de métodos simples de transmissão de dados via sensores de baixo consumo energéticos e definição do método a ser utilizado.
4. Síntese de sensor de micro-ondas baseado nos estudos realizados.

Contribuição da Pesquisa

Desenvolvimento de um estudo a respeito de diferentes topologias de sensores de micro-ondas que fazem uso das interações de diferentes constantes dielétricas na permissividade relativa do meio próximo à antena, bem como a construção de protótipo funcional aplicado à área de caracterização de nanomateriais.

Recursos

Para realização do projeto de pesquisa, serão utilizados recursos do Laboratório de Microeletrônica da Universidade de São Paulo (LME/USP), incluindo:

- Softwares Especializados para realização de simulações eletromagnéticas:
 - PathWave Advanced Design Systems 2020 (ADS), fornecido pela empresa Keysight Technologies.
 - High Frequency Structure Simulator (HFSS), fornecido pela empresa Ansys.
- Serviços de fabricação de circuitos de micro-ondas:
 - Substratos de micro-ondas
 - Serviços de fotogravação
 - Serviços de microfresa
- Equipamentos de caracterização de circuitos integrados de micro-ondas
 - Medição de parâmetros de espalhamento
 - Medição de potência na faixa de micro-ondas
 - Geradores de sinal na faixa de micro-ondas
- Nanomateriais carbonados (nanotubos de carbono e grafenos)
- Bancada experimental com controle de fluxo de espécies gasosas para realização dos testes com os sensores.

Cronograma

Atividade	2021			2022		
	1º	2º	3º	1º	2º	3º
Período reservado à realização de disciplinas						
Pesquisa e estudo bibliográfico						
Simulação e caracterização de topologias de Antenas e Osciladores						
Estudo e escolha do método de comunicação						
Síntese e comparação de sensor de micro-ondas com simulações						
Elaboração da Dissertação de Mestrado (Escrita)						
Redação de Artigos para periódicos						
Qualificação						
Defesa da Dissertação de Mestrado						

Bibliografia

- [1] BALANIS C. A. **Antenna Theory - Analysis and Design**. 3rd ed, John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [2] POZAR D. M. **Microwave Engineering**. 3rd ed, John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [3] POZAR D. M. **Microwave and RF Design of Wireless Systems Engineering**, John Wiley & Sons, Inc., 2001.
- [4] SAGHLATOON H., HONARI M. M., MOUSAVI P. **Sensor Antenna Transmitter system for Material Detection in Wireless-Sensor-Node Applications**. IEEE Sensor Journal, VOL. 18, NO. 21, November, 2018.
- [5] ALOMAINY A., HAO YANG, PASVEER F. **Numerical and Experimental Evaluation of a Compact Sensor Antenna for Healthcare Devices**. IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, VOL. 1, NO. 4, December, 2007.
- [6] BENCHIKHH S., ARAB H., TATU S. O. **A Novel Millimeter Wave Radar Sensor for Medical Signal Detection**. IEEE /MTT-S International Microwave Biomedical Conference, p. 142, 2018.
- [7] Zhao A., Zhang J., Tian Y. G. **Miniaturization of UHF RFID Tag Antenna Sensors for Corrosion Characterization**. IEEE Sensor Journal, VOL. 17, NO. 23, December, 2017.
- [8] Adhikary M., Biswas A., Akhtar M. J. **Active Integrated Antenna Based Permittivity Sensing Tag**. IEEE Sensor Journal, VOL. 1, NO. 6, December, 2017.
- [9] Li F, Zheng Y, Hua C and Jian J. **Gas Sensing by Microwave Transduction: Review of Progress and Challenges**. Frontiers in Materials, May, 2019. DOI:[10.3389/fmats.2019.00101](https://doi.org/10.3389/fmats.2019.00101)
- [10] Rydosz A. **Sensors for Enhanced Detection of Acetone as a Potential Tool for Noninvasive Diabetes Monitoring**. MDPI Sensors, July, 2018.
- [11] Hao H., Hui D., Lau D. **Material advancement in technological development for the 5G wireless communications**. De Gruyter Nanotechnology Reviews, July, 2020. DOI:[10.1515/ntrev-2020-0054](https://doi.org/10.1515/ntrev-2020-0054) .
- [12] Ibanez-Labiano I., Ergoktas M. S., Kocabas C., Toomey A., Alomainy A., Ozden-Yenigun E. **Graphene-based soft Wearable Antennas**. Applied Materials Today, VOL. 20, June, 2020. DOI:[10.1016/j.apmt.2020.100727](https://doi.org/10.1016/j.apmt.2020.100727) .
- [13] GONZALEZ G. **Foundations of Oscillator Circuit Design**, Artech House Inc., 2007.