

MICROSCÓPIO DE FORÇA ATÔMICA (AFM): ADAPTAÇÃO DE UM AMPLIFICADOR DE ALTA TENSÃO

Gabriel Rosa Alves¹; Valéria Loureiro da Silva²

¹ Bolsista Graduado em Engenharia Elétrica; Centro de Competências em Sensores – SENAI CIMATEC; gabriel.rosa@fbter.org.br

² Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; valeria.dasilva@fieb.org.br

RESUMO

O NA@MO foi um projeto do SENAI CIMATEC para o desenvolvimento de um microscópio de varredura multimodal com intuito de estudar estruturas nanoscópicas tanto topologicamente quanto quimicamente. Este projeto consiste em adequar um circuito de amplificação de alta tensão para controle de uma cerâmica piezo elétrica para o projeto AFM, propondo criar uma placa mais compacta e termicamente eficiente para o novo involucro do sistema de controle. As mudanças no design impactaram com a adição de um sistema de ventilação forçada para garantir que o amplificador de alta tensão não fique no limite de operação de temperatura. Após o desenvolvimento este equipamento ficará disponível nos laboratórios do SENAI CIMATEC para realização de experimentos.

PALAVRAS-CHAVE: *Hardware*; Microscópio de Força Atômica; Amplificador.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos microscópios no começo do século 14 contribuiu muito para o avanço tecnológico da humanidade, graças a eles áreas como medicina, biologia e microbiologia puderam avançar na compreensão do funcionamento de órgãos, células e microrganismos fazendo com que a microscopia óptica respondesse perguntas outrora sem respostas. Com o passar dos anos observou-se que a microscopia óptica possui um limite resolução de ~200nm,¹ ou seja, a menor distância que se pode diferenciar dois pontos adjacentes seria de ~200nm. Logo identificar estruturas com dimensões menores que esse valor é inviável por meios ópticos, surgindo a necessidade de desenvolver um microscópio que seja capaz de ultrapassar esse limite e entregar resoluções cada vez maiores.

Como resultado, desenvolveu-se o microscópio eletrônico, capaz de disparar elétrons sobre amostras e retornar sua forma baseada na interação da partícula com o objeto (microscópio eletrônico). Outro tipo de microscópio criado foi o SPM (*Scanning Probe Microscope* ou microscópio por varredura de sonda). No SPM, tem-se uma pequena ponta da ordem de nanômetros interagindo com o substrato, permitindo criar uma imagem de sua topografia ou propriedades eletrônicas ponto a ponto. Dentro dos SPMs temos dois grupos principais: STM (*Scanning Tunneling Microscope* ou microscópio de corrente de tunelamento) e AFM (*Atomic Force Microscope* ou microscópio de força atômica) sendo que o primeiro tipo trabalha com a corrente elétrica de tunelamento que flui entre a ponta e a amostra, e o segundo tipo avalia a interação entre as forças atômicas da ponta com a amostra.^{2,3}

Este projeto consiste em um redesign de um hardware desenvolvido no SENAI CIMATEC em parceria com a UFMG, o projeto NA@MO, a placa de circuito impresso (PCI) modificada é a placa de amplificação dos sinais de acionamento do tubo piezo (PAP). O novo sistema possui menos espaço para acondicionar o *hardware* necessário para o funcionamento do microscópio como consequência uma mudança na estrutura da placa fez-se necessário. O foco deste trabalho é mostrar o processo de criação do novo design e dos pontos modificados na nova PAP.

2. METODOLOGIA

Para atender aos requisitos estabelecidos para o novo design da PCI da PAP foi crucial desenvolver um projeto que leve em consideração diversas especificações essenciais. A disposição dos componentes na placa foi cuidadosamente planejada visando facilitar a manutenção e reparo.

Os seguintes requisitos foram estabelecidos para determinar o novo design da PAP:

- A PCI deve possuir identificação dos eixos X, Y e Z para conexão com o tubo piezo;
- A disposição dos componentes na placa deve ser pensada para fácil manutenção e reparo;
- A quantidade de componentes deve ser reduzida quando possível;

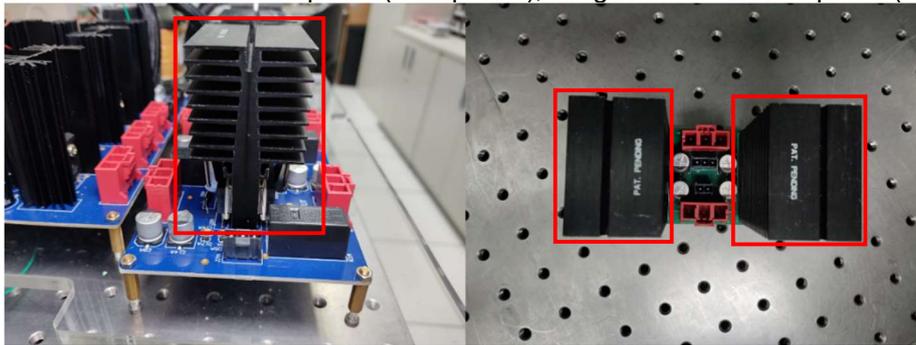
- A PCI deve possuir um formato retangular;
- A PCI deve possuir a localização dos conectores de saída casados com a frente da gaveta;
- O projeto de dissipação deve ser capaz de refrigerar o amplificador de alta tensão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira atividade a ser realizada foi avaliar como a versão original da PAP se encontrava para cumprir os requisitos de redução e posicionamento de componentes. O posicionamento dos conectores não estava favorável ao local em que a placa ficaria na gaveta do rack da eletrônica e como consequência precisam ser realocados. Durante o estudo do circuito que compõem a PAP foi visto que era possível reduzir a quantidade de dissipadores de calor de dois para um, a fabricante do dissipador oferecia uma opção com espaço para dois amplificadores de alta tensão. Para tal otimizar e dimensionar o sistema que lida com o calor produzido por componentes eletrônicos, como diodos e transistores para garantir a proteção desses e a sua confiabilidade nos equipamentos aos quais são empregados.⁴

Como a mudança do dissipador de calor impacta diretamente o funcionamento do sistema é necessário dimensionar o novo modelo adequadamente. A fabricante do dissipador oferece alguns modelos que suportam dois amplificadores de alta tensão destacado no retângulo em vermelho conforme a Figura 1 da esquerda já a foto a direita possui a versão antiga com dois dissipadores um para cada amplificador de alta tensão, porém é necessário escolher o mais adequado para manter a temperatura de junção do amplificador na região adequada de operação. Para avaliar qual o melhor dissipador de calor devemos montar o circuito térmico do sistema para encontrar a temperatura de junção do semicondutor.

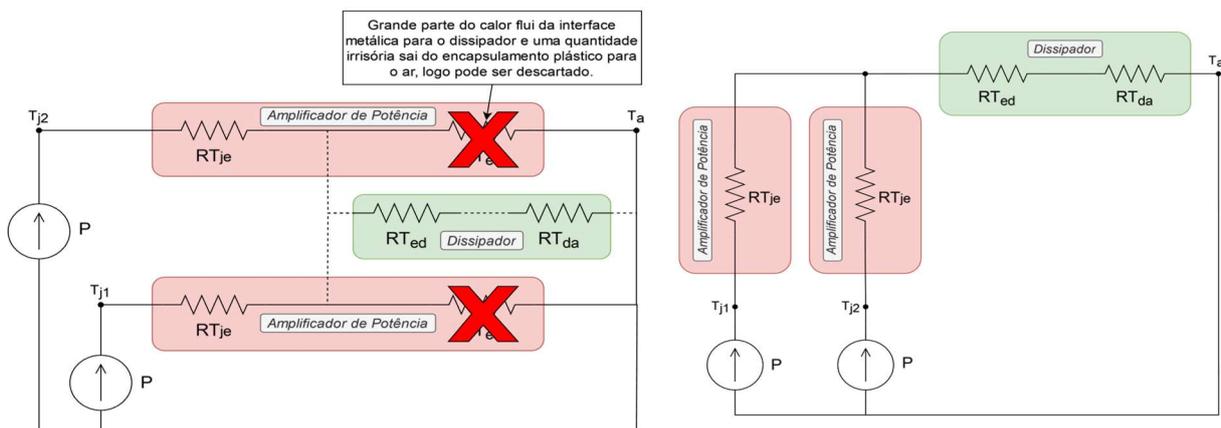
Figura 1 – Novo modelo de dissipador (a esquerda), antigo modelo do dissipador (a direita)



Ao levarmos em consideração todas as resistências térmicas do sistema obtemos a Figura 2 da esquerda com o circuito térmico completo, todavia um elemento pode ser desconsiderado, que seria a resistência do encapsulamento plástico para o ambiente marcada com o X, logo a resistência térmica equivalente do sistema é:

$$RT_{TOTAL} = \frac{RT_{je}}{2} + RT_{ed} + RT_{da}$$

Figura 2 – Circuito térmico completo (a esquerda), circuito térmico simplificado (a direita)



Assumindo que a temperatura ambiente dentro da gaveta (T_a) não passará de 50 °C e as potências dissipadas de operação (PD) e quiescente (PD_q) do amplificador são 4,5 W e 0,48 W, respectivamente, conforme o documento de especificação da PAP do projeto NA@MO. Para os valores de resistência térmica foram consultados os datasheets do dissipador (Ohmite CR301 e CR401) e do amplificador de alta tensão (PA95) sendo eles:

- RT_{je} : 4,2 °C/W
- RT_{ed} : 0,2 °C/W
- RT_{da} : 3,8 °C/W [modelo CR401]

Logo a temperatura de junção do amplificador de alta tensão é dada por:

$$T_j = T_a + 2 * (PD + PD_q) * RT_{TOTAL}$$

$$T_j = 50 + 2 * (4,5 + 0,48) * \left(\frac{4,2}{2} + 0,2 + 3,8 \right) = 110,756 \text{ °C}$$

A temperatura máxima suportada pela junção do amplificador de alta tensão é de 150 °C, implicando que o sistema de arrefecimento é capaz de suprir as demandas do semicondutor para um modelo que foi Ohmite CR401. Entretanto, devido a existência de outras PCIs dentro da gaveta e de transformadores que contribuem para um aumento da temperatura ambiente optou-se pelo uso de ventilação forçada para ajudar na refrigeração do sistema como precaução.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto atualmente se encontra na fase de validação do hardware. Todas as placas necessárias para o funcionamento do microscópio de força atômica estão montadas e soldadas. As PCIs, individualmente, foram todas testadas e validadas com relação aos sinais esperados faltando testá-las em conjunto. A nova PCI da PAP performou conforme o que foi projetado no sistema de dissipação novo, porém com ressalva de que o teste realizado foi fora do rack de eletrônica cuja temperatura ambiente é menor que a interna no rack.

Agradecimentos

Agradecemos ao SENAI CIMATEC pela bolsa de PDI para Gabriel Alves e a colaboração com LabNS e DCC da UFMG, FabNS, CODEMGE.

5. REFERÊNCIAS

- ¹ DAVIDSON, Michael. Microscopy Basics: Resolution. **MicroscopyU**. Disponível em: <https://www.microscopyu.com/microscopy-basics/resolution>. Acesso em: 22 mar. 2023.
- ² MIRANDA, Hudson L. S. de. **A practical toolset for TERS experiments and analysis**. Tese de Doutorado, UFMG, Belo Horizonte, 2020 (<http://hdl.handle.net/1843/34709>).
- ³ VOIGTLÄNDER, Bert. **Scanning Probe Microscopy: Atomic Force Microscopy and Scanning Tunneling Microscopy (NanoScience and Technology)**. 1 ed. Heidelberg: Springer, 2015.
- ⁴ POMILIO, J. A. **Dimensionamento de Sistemas de Dissipação de Calor para Dispositivos Semicondutores de Potência. Eletrônica de Potência** – Capítulo 11, DSCE-FEEC-UNICAMP, 2009.