

METODOLOGIA PARA O POSICIONAMENTO DE PIEZORESISTORES EM ACELERÔMETROS TIPO PONTE USANDO FEA

L.L. Koberstein¹, F.J. Fonseca¹, M.A. Fraga², L.A. Rasia³

¹ Laboratório de Microeletrônica da USP (LME/USP)

² Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

³ Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul (UNIJUI)

leokhp@yahoo.com.br; fonseca@lme.usp.br; mafraga@ita.br; rasia@unijui.tche.br

RESUMO

Este artigo apresenta uma metodologia para o posicionamento de piezoresistores em acelerômetros do tipo ponte. Para obter um dispositivo com a máxima sensibilidade é necessário que o piezoresistor esteja na região de maior tensão longitudinal da estrutura. Neste trabalho foram modeladas as estruturas de Pontes Simples e Pontes Duplas. Um acelerômetro tipo Ponte Simples consiste em uma massa inercial suspensa por uma viga em suas extremidades, enquanto que para a Ponte Dupla utilizamos duas vigas em cada extremidade. Utilizamos o software de elementos finitos ANSYS 7.0 para realizar a simulação estática da estrutura. Dois tipos de elementos foram utilizados para modelar a estrutura do acelerômetro: um elemento bidimensional (Beam 2D) e um tridimensional (Solid 91).

1. INTRODUÇÃO

As análises por elementos finitos (FEA) vêm se tornando uma ferramenta importante no projeto e modelagem de MEMS (Micro Electrical Mechanical Systems). Uma vez que as soluções analíticas simplificam o modelo da estrutura aumentando a possibilidade de erro.

Acelerômetros MEMS são utilizados nas mais diversas áreas como: automação industrial, indústria automobilística, medicina, aviação entre outras. Estes dispositivos são atrativos pelo seu baixo custo, alta confiabilidade e possibilidade de produção em grande escala. Os acelerômetros são classificados de acordo com o mecanismo de transdução utilizado. Os principais efeitos de transdução utilizados são: piezoresistivo, piezoelétrico e capacitivo. Uma das desvantagens dos acelerômetros piezoresistivos é a pequena faixa de temperatura em que estes dispositivos podem atuar. Geralmente de 20 a 125°C por causa da corrente de fuga da junção PN. Uma alternativa é utilizar substratos SOI que podem elevar a faixa de temperatura para mais de 400°C [1]. Os acelerômetros modelados consistem em uma massa inercial suspensa por duas vigas (Figura 1). Sobre cada viga é implantado ou difundido um

piezoresistor próximo ao engaste. O peso da massa inercial provoca um esforço mecânico alterando a resistência elétrica do piezoresistor.

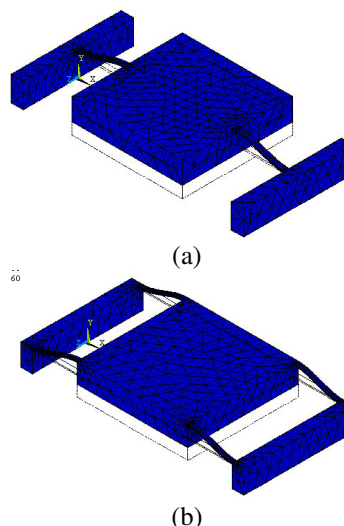


Figura 1. Os acelerômetros simulados: (a) Ponte simples e (b) Ponte dupla.

2. METODOLOGIA PARA A SIMULAÇÃO DE ACELERÔMETROS POR FEA

O software ANSYS 7.0 foi utilizado para modelar a estrutura do acelerômetro. Foram realizadas duas abordagens diferentes de simulação: uma com elemento bidimensional (Beam 2D) e outra com elemento tridimensional (Solid 91). A primeira foi realizada com o objetivo de otimizar a estrutura do acelerômetro enquanto que a segunda foi para posicionar os piezoresistores. Para cada leiaute foram realizadas duas otimizações (volume e comprimento).

Para os acelerômetros simulados foram consideradas as seguintes características para o silício monocristalino com orientação (100): $E = 180\text{GPa}$ (Módulo de Elasticidade), $\nu = 0,28$ (Coeficiente de Poisson) e $\rho = 2330\text{ Kg/m}^3$ (densidade). Considerou-se que a

estrutura estava sob a mesma temperatura e que era constituído de material isotrópico e homogêneo

Nas simulações 2D considerou-se que o comprimento total da estrutura é igual a duas vezes o comprimento da viga e o peso da massa inercial atua pontualmente na metade de seu comprimento [2]. Considerou-se um formato quadrado para a massa inercial, desta forma a força que atua na viga é descrita por:

$$F = 2,33 \times 10^4 (B^2 t) \quad (1)$$

Sendo: B - a largura e t - a espessura da massa inercial.

3. RESULTADOS

Ao longo do comprimento da viga suporte ocorre uma variação da tensão longitudinal (Figura 2), observando a Figura 3 vemos que a máxima tensão não ocorre no engaste da estrutura (detalhe circular)

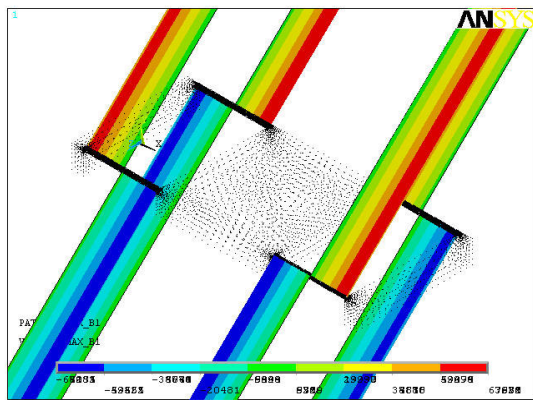


Figura 2. Variação da intensidade da tensão longitudinal ao longo do comprimento da viga suporte.

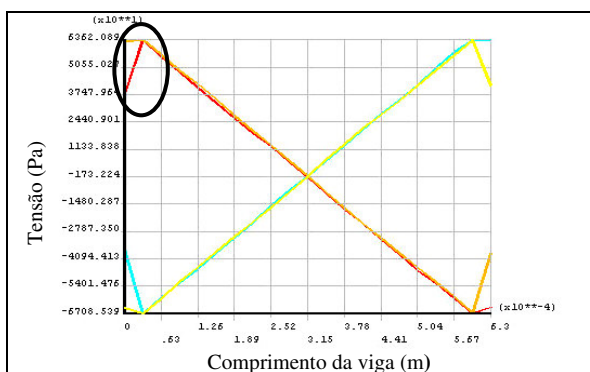


Figura 3. Tensão longitudinal ao longo do comprimento da viga. Em detalhe a tensão máxima fora do engaste.

A Figura 4 mostra a variação da tensão longitudinal ao longo do comprimento de um piezoresistor, considerando que ele se inicia no ponto máximo mostrado no detalhe da Figura anterior. As sensibilidades finais dos dispositivos estão na Figura 5.

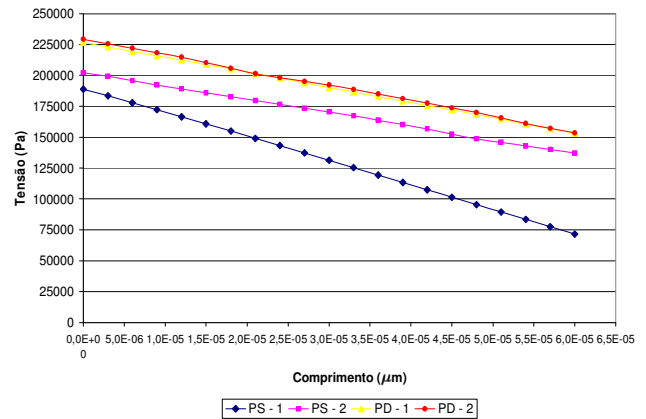


Figura 4. Variação da tensão longitudinal ao longo do comprimento do piezoresistor.

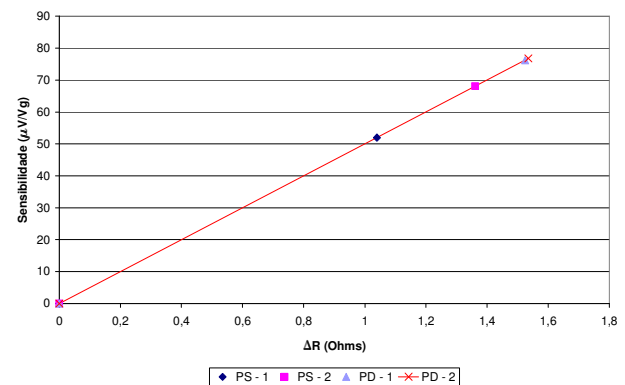


Figura 5. Sensibilidades dos dispositivos simulados.

4. CONCLUSÃO

A análise por elementos finitos (FEA) possibilita a visualização da variação da intensidade da tensão longitudinal ao longo do comprimento da viga, desta forma facilita o correto posicionamento e dimensionamento dos piezoresistores. A metodologia utilizada mostrou-se eficaz uma vez que foram definidas as dimensões dos piezoresistores em função da máxima sensibilidade do dispositivo.

Geralmente ao posicionar um piezoresistor em uma viga, mantém-se uma distância da borda para evitar que uma parte do piezoresistor fique posicionada em cima do engaste, utilizando a metodologia apresentada neste trabalho podemos definir o valor desta distância, desta forma podemos aproveitar a maior tensão longitudinal e conseqüentemente a maior sensibilidade do dispositivo.

5. REFERÊNCIA

- [1] Takao, H., Matsumoto, Y. *et al.* "Analysis and design considerations of three dimensional vector accelerometer using SOI structure for wide temperature range". *Sensors and Actuators A*, Vol 55, pp 91-97, 1996.
- [2] Koberstein. L. L., 2005. *Modelagem de um Acelerômetro de Estado Sólido*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo.