Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: VI Mostra de Iniciação Científica Junior

DESENVOLVIMENTO DE SOFWARE PARA PROJETO DE ELEMENTOS SENSORES PIEZORESISTIVOS[1]

André Luciano Rakowski[2], Luiz Antônio Rasia[3], Carlos Augusto Valdiero[4], Antônio Carlos Valdiero[5].

[1] Projeto de pesquisa institucional de pesquisa "Modelagem Matemática de Sensores Piezoresistivos" realizada em Bolsa de Iniciação Científica CNPq/EM
[2] Bolsista PIBIC/CNPq-Ensino Médio
[3] Orientador, Prof. Dr. do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias
[4] Bolsista PIBITI/CNPq
[5] Pesquisador, Prof. Dr. do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias-DCEEng

INTRODUÇÃO

Os sensores piezoresistivos são utilizados em muitos dispositivos e em diferentes arranjos eletrônicos. Um piezoresistor muda sua resistência elétrica com um esforço mecânico aplicado podendo ser fabricados tanto com materiais condutores como semicondutores os quais modulam de alguma forma a energia elétrica que por eles circulam (RASIA, 2009).

Um piezoresistor é um elemento sensor projetado a partir de modelos matemáticos descritos e embasados nas principais leis da física. Entretanto, não existem softwares específicos para a realização do projeto de piezoresistores, o que demanda a utilização de programas computacionais genéricos ou muitas vezes elaborados e adaptados para a modelagem matemática destes elementos sensores.

Considerando-se o problema específico de um projeto de elementos sensores piezoresistivos decidiu-se desenvolver uma plataforma de simulação onde o usuário além de realizar o desenho do sensor em três dimensões, ajusta as propriedades mecânicas, elétricas e térmicas do material de projeto e gera os gráficos resultantes para as etapas de fabricação destes dispositivos.

O modelamento matemático de piezoresistores envolve um conjunto de equações que procuram relacionar os efeitos cruzados das principais propriedades físicas do material em especial as propriedades mecânicas, elétricas e térmicas. Muitas destas equações são tensores de quarta ordem o que implica em soluções gráficas das propriedades macroscópicas importantes para expressar a sensibilidade do dispositivo sensor projetado. Em geral, é possível obter todas as propriedades inerentes a um elemento sensor piezoresistivo perfeitamente ajustado para as especificidades e aplicações desejadas, do ponto de vista de pesquisa científica assim como de projetos em escala industrial.

Elementos sensores piezoresistivos podem ser usados para desenvolvimento prático de strain gauges para deformações mecânicas, acelerômetros, sensores de pressão entre tantos outros dispositivos sensores amplamente empregados nas diferentes áreas das ciências e das engenharias.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do software utilizou-se a linguagem de programação Java a qual apresenta grande adaptabilidade por sua estrutura de programação orientada a objetos, além de ser

gratuita. Possibilita-se assim que seja desenvolvido um software capaz de ser atualizado com novos recursos de forma mais fácil e que possa operar em diferentes sistemas operacionais (MOREIRA, 2015).

O software foi desenvolvido com base em estudos já publicados (GEREMIAS et. al., 2015) referentes a modelagem matemática de sensores piezoresistivos e estudos sobre materiais utilizados para a fabricação de piezoresistores (RASIA, 2009).

A Figura 1 ilustra na forma de um fluxograma as principais funcionalidades do software desenvolvido.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: VI Mostra de Iniciação Científica Junior

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: VI Mostra de Iniciação Científica Junior

Figura 1: Fluxograma das principais funcionalidades do software

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao selecionar a opção novo projeto, é exibida a respectiva tela onde, inicialmente, o usuário escolhe o material com o qual será desenvolvido o piezoresistor. Este pode ser Silício (Mono ou Policristalino; Tipo N ou Tipo P), Carbeto de Silício, DLC, ITO ou Grafite. Ao selecionar o material, diversos dados sobre o material são preenchidos automaticamente, tais como: mobilidade, resistividade, Alpha e Beta (TCRs de primeira e segunda ordem).

Após a seleção do material e ajuste da precisão, ou seja, o número de pontos ou resolução do gráfico, o usuário informa os valores da resistência às quais podem ser calculadas através do software, faixa de temperatura de operação do elemento sensor (de e até), deformação mecânica (de e até), concentração de dopantes (de e até), mobilidade, resistividade, coeficiente de Poisson e módulo de Young do material escolhido para projeto. Ao clicar em mais, pode-se informar os novos valores para os coeficientes de variação da resistência com a temperatura Alpha (TCR 1ª) e Beta (TCR 2ª), como pode ser observado na Figura 2.

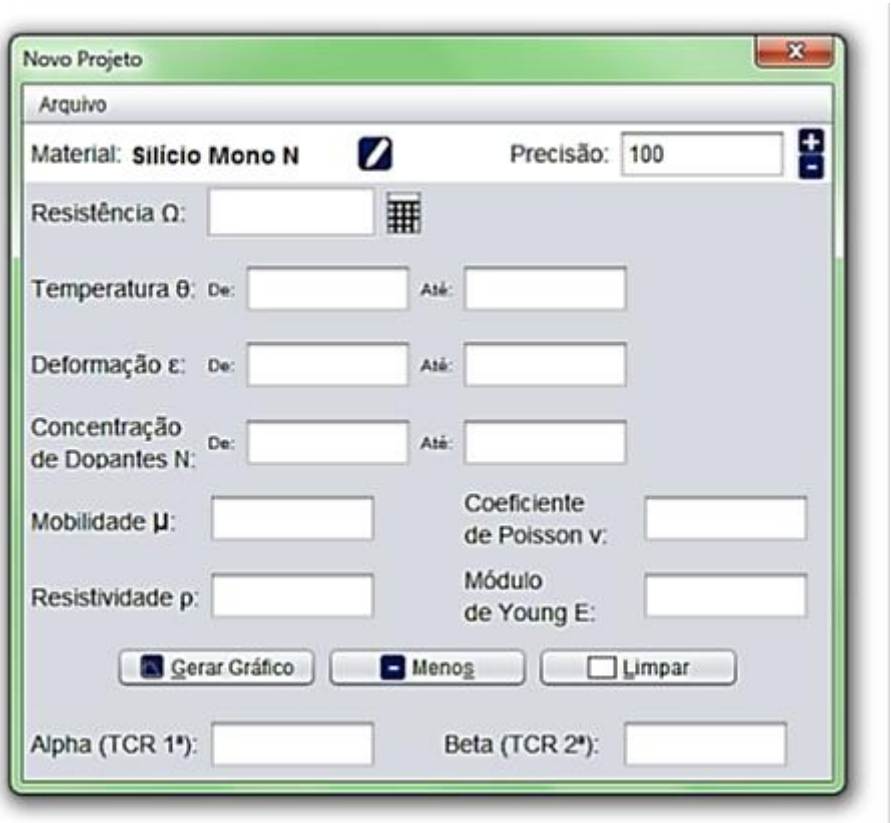

Figura 2: Tela de Projeto do Piezoresistor

O usuário pode gerar diversos gráficos após ter inserido adequadamente os dados referentes ao piezoresistor como mostra a Tabela 1. Nesta tabela são organizados os principais gráficos que

podem ser plotados o que facilita em muito o entendimento do fenômeno envolvido assim como fornece os principais elementos para projeto prático de dispositivos sensores piezoresistivos. Cabe ao projetista avaliar a importância de cada resultado e fazer as devidas adequações para o projeto final.

Eixo X	Eixo Y
Concentração de Dopantes	Resistência
	Resistividade
	π_l Coeficiente Piezoresistivo Longitudinal
	π_t Coeficiente Piezoresistivo Transversal
Deformação	Resistência
	$\frac{\Delta R}{R}$
	GF Gauge Factor
Resistência	Temperatura
Temperatura	Concentração de Dopantes
	Resistência
	$\frac{\Delta R}{R}$
	TCR 1ª Ordem
	TCR 2ª Ordem
	TCR
T_l Tensão mecânica longitudinal	Deformação
T_t Tensão mecânica transversal	T_l

Tabela 1: Possibilidades de gráficos gerados pelo software

Muitos dos resultados gráficos apresentados são lineares e outros são logaritmos. É possível dar um zoom em cada ponto dos gráficos gerados e, automaticamente são ajustadas as escalas nos eixos (X,Y) o que facilita a visualização e detalha o fenômeno em análise.

Após gerar o gráfico o usuário tem a possibilidade de exibir os valores referentes aos eixos X e Y, além de exportá-los no formato .xlsx. A imagem do gráfico pode ser salva nos formatos .pdf, .docx ou realizar a impressão direta. É possível, ainda, ajustar a tela de fundo de apresentação gráfica dos resultados mudando a cor de fundo assim como a grade.

O software conta com a funcionalidade de salvar os dados inseridos, em todas as telas, inclusive gráficos, bem como o desenho do piezoresistor em três dimensões. Para realizar o salvamento do projeto do piezoresistor, apresenta formato de arquivo próprio com a extensão .simupi registrado no sistema operacional no momento da instalação.

Este arquivo pode somente ser aberto pelo software através de um clique duplo sobre o ícone. Os dados são recuperados pelo sistema, sendo retornados para os respectivos campos de texto. O

desenho e os gráficos são reconstruídos. Não é necessário salvar os valores dos eixos (X,Y) de cada gráfico o software reconhece os dados do arquivo no formato .simupi e gera os respectivos valores automaticamente.

Após a realização de todos os passos descritos, realizaram-se diversos projetos de elementos sensores piezoresistivos com o intuito de verificar se todas as funcionalidades do softwares estavam de acordo com os processos utilizados para fabricação de piezoresistores e se os gráficos gerados estavam de acordo com os apresentados pela literatura.

Os resultados e gráficos obtidos através do software são condizentes com a literatura e e podem ser utilizados efetivamente para a realização de projetos de sensores piezoresistores.

CONCLUSÃO

O software é uma excelente ferramenta para o projeto e modelagem matemática de dispositivos sensores piezoresistivos, pode ser utilizado tanto na área educacional quando na produção industrial destes sensores.

Em testes realizados o software mostrou-se condizente com a literatura da área. Ao comparar dados experimentais obtidos para elementos sensores fabricados com silício policristalino, DLC – Diamond Like Carbon e ITO – Indium Tin Oxide comprovou-se que o software pode ser utilizado para prever o comportamento de um piezoresistor, não necessitando os procedimentos experimentais diretos em laboratório. Finalmente este software está sendo testado para elementos sensores piezoresistivos de grafite.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem Matemática; Elementos Sensores; Software de Simulação.

REFERÊNCIAS

MOREIRA, Rodrigo Couto. Desenvolvimento de uma plataforma virtual para modelamento matemático de piezoresistores de filmes finos semicondutores. 2015. 81 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2015.

RASIA, L.A. Estudo e aplicação de materiais Piezoresistivos para obtenção das propriedades elétricas, térmicas e mecânicas em transdutores. 2009. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GEREMIAS, M ; MOREIRA, R C ; RASIA, L A ; MOI, A . Mathematical modeling of piezoresistive elements. Journal of Physics. Conference Series (Print) , v. 648, p. 012012, 2015.