

## Confiabilidade de Interconexões Metálicas de Circuitos Integrados: Modelagem e Simulação.

Guilherme de Souza Zanotelli\*, Roberto Lacerda de Orio.

### Resumo

A eletromigração é um dos principais problemas de confiabilidade nas interconexões metálicas de circuitos integrados. Este fenômeno faz com que os átomos do metal condutor de corrente saiam de seus lugares de origem, podendo causar falhas ou curto-circuitos. Dessa forma, a análise deste fenômeno é de grande importância para a microeletrônica.

### Palavras-chave:

*Eletromigração, interconexões, confiabilidade.*

### Introdução

Este projeto tem como objetivo o estudo do efeito da temperatura no processo de eletromigração (EM) que ocorre nas linhas metálicas de circuitos integrados (CIs).

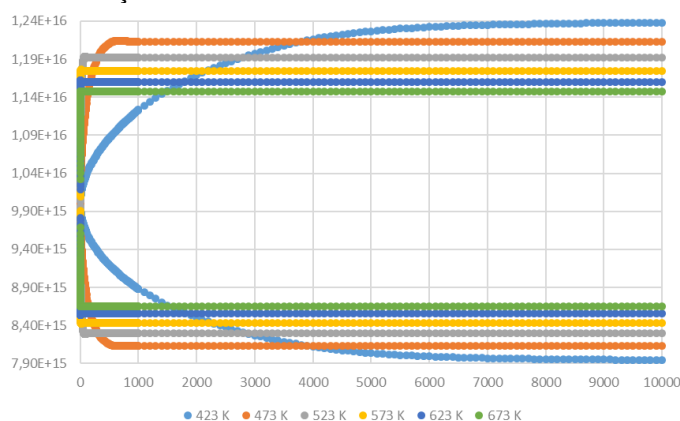
O crescimento da densidade de interconexões e a redução das dimensões das linhas metálicas acontecem continuamente a cada geração de CIs<sup>1</sup>. Como resultado, estas interconexões operam a temperaturas mais altas e com densidades de corrente maiores, tornando mais frequentes os problemas de confiabilidade<sup>2</sup> devido à EM<sup>3</sup> nas metalizações.

### Resultados e Discussão

Neste trabalho propôs-se a utilização do software COMSOL Multiphysics como ferramenta de simulação, na qual foi implementada um modelo matemático que descreve EM. Também foi criado um modelo tridimensional que representa a interconexão metálica sob efeito da EM.

A figura 1 apresenta a distribuição de vacâncias numa interconexão. As vacâncias têm sua maior concentração à esquerda, extremidade por onde é injetada a densidade de corrente na linha.

Pode-se demonstrar teoricamente que o aumento da temperatura causa uma maior taxa de variação na concentração de vacâncias no tempo, o que acelera a chegada desta grandeza ao regime estacionário, ou seja, a uma saturação, e também causa uma aproximação dos valores máximos e mínimos de concentração de vacâncias do valor inicial.



**Figura 2.** Distribuição de vacâncias nas extremidades da interconexão.

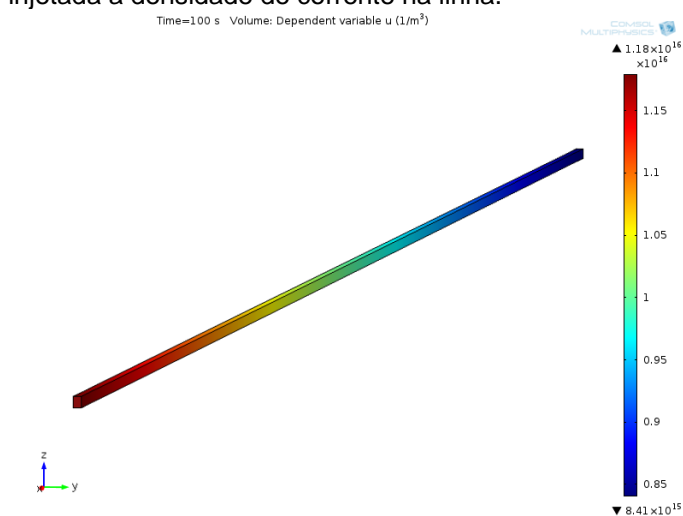
### Conclusões

As simulações realizadas apresentaram resultados semelhantes aos esperados devido à fundamentação teórica do trabalho a respeito da influência da temperatura na EM. Este relatório mostra que o modelo criado é confiável para o estudo deste fenômeno. Dessa forma, o modelo pode também ser aperfeiçoado, levando em conta o termo de geração, ignorado nesta análise e outros efeitos, como o stress mecânico, que está fora do escopo deste trabalho.

### Agradecimentos

Ao meu orientador, Dr. Roberto Orio, pelas discussões, ideias e principalmente flexibilidade ao me orientar neste projeto de iniciação científica.

A FAEPEX pelo fomento desta pesquisa.



**Figura 1.** Linha de cobre a 573 K sob efeito da EM.

O gráfico que serve para comparar o efeito da temperatura na variação no tempo da concentração das vacâncias nas extremidades da linha de cobre está retratado na figura 2. Ele mostra que quanto maior a temperatura da linha, mais rapidamente a concentração chega ao nível de saturação e mais próximo da concentração inicial é este nível.

<sup>1</sup> International Technology Roadmap for Semiconductors Update, **2012**.

<sup>2</sup> E. T. Ogawa, K.-D. Lee, V. A. Blaschke, P. S. Ho, Electromigration Reliability Issues in Dual-Damascene Cu Interconnections, IEEE Trans. on Reliability 51 (4), pp. 403–419, **2002**.

<sup>3</sup> J. R. Black, Electromigration-A Brief Survey and Some Recent Results, IEEE Trans. Electron. Dev. 16 (4), pp. 338–347, **1969**.