

Otimização de Parâmetros no Imageamento de Circuitos Integrados com Microscópio Eletrônico de Varredura,

Oyarzabal, I.M.¹, Bastos, K. P.²



UFRGS
PROFESQ
CET - Ciências Exatas e da Terra

XXV SIC
Salão Iniciação Científica

¹ Ítalo Martins Oyarzabal (italozabal@hotmail.com), Engenharia Física, UFRGS

² Karen Paz Bastos, CEITEC-SA

• INTRODUÇÃO:

Dentre as Microscopias Eletrônicas, uma das mais utilizadas é a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), que será assunto desse trabalho, e consiste em um feixe de elétrons “varrendo” a superfície da amostra, sendo os elétrons espalhados coletados com o intuito de formar a imagem a ser analisada. O principal objetivo nesse trabalho foi analisar alguns parâmetros utilizados em MEV e ver qual a sua influência na imagem, além de otimizá-los para determinada situação de análise. Os parâmetros são: a energia do feixe de elétrons, o tipo de detector utilizado e a importância do recobrimento por sputtering. Além disso, foi feita uma análise química através da técnica EDS(EDX).

• METODOLOGIA:

Para todas as análises, foi utilizada uma amostra de um chip de silício, com trilhas de alumínio, conhecido comercialmente como “chip do boi”, fabricado pela CEITEC-SA.

• RESULTADOS:

Para as análises dos parâmetros citados acima, temos:

1) Energia do Feixe de Elétrons

A principal importância da energia do feixe de elétrons refere-se ao poder de penetração do feixe na amostra, onde, para maiores energias, mais profundidade os elétrons conseguem atingir na amostra. O poder de penetração também está ligado ao número atômico dos elementos químicos a serem analisados, sendo elementos mais pesados mais difíceis de serem penetrados, devido a seu maior valor de potencial atômico, o que contribui no espalhamento do feixe incidente. A figura abaixo representa a relação entre a penetração do feixe e a energia do feixe, assim como com o número atômico^[1]:

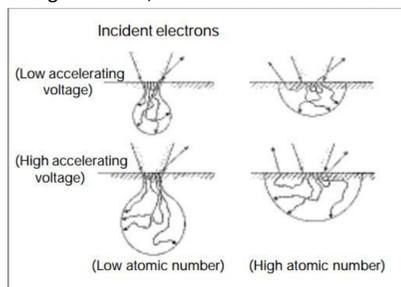
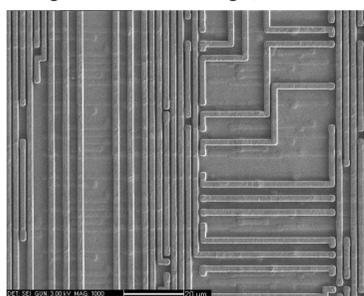


Figura 1: Esquema de interação do feixe de elétrons com a amostra em função da energia do feixe e do número atômico da amostra.

Realizamos experimentos com energias do feixe de elétrons de 3 keV e 30 keV para evidenciar as diferenças atingidas com cada energia, obtendo as seguintes imagens:

a) 3 keV:



b) 30 keV:

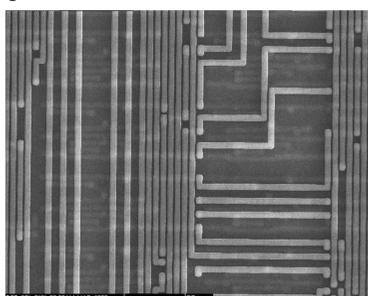


Figura 2: Imagens para diferentes energias do feixe

2) Tipo de Detector (tipo de elétron)

Dentre os detectores de elétrons utilizados em Microscopia Eletrônica de Varredura, destacam-se aqueles destinados a:

a) Elétrons Secundários (SE-Secondary Electrons);

b) Elétrons Retroespalhados (BSE-Back-Scattered Electrons).

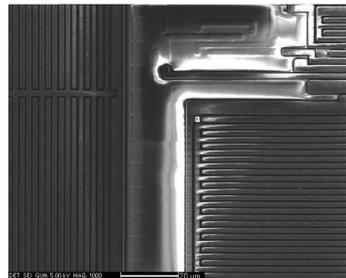
Elétrons secundários vêm de uma região mais superficial da amostra, e são aqueles elétrons que são emitidos dos átomos da amostra, fornecendo informações sobre a topografia da superfície, além de serem responsáveis pelas imagens de alta resolução. Já os elétrons retroespalhados vêm de uma região mais profunda da amostra e são elétrons do próprio feixe incidente espalhado em aproximadamente 180°, e fornecem informação sobre a composição química da amostra. Assim, como sua interação com a amostra está diretamente ligada ao número atômico dos elementos presentes, também estará a qualidade da imagem obtida. Nesse trabalho, não iremos apresentar comparações entre os tipos de imagem para diferentes detectores, pois a amostra em análise era composta de silício com trilhas de alumínio, e, como alumínio e silício são elementos muito próximos na tabela periódica ($Z_{Si} = 14$ e $Z_{Al} = 13$), não foi possível obter uma imagem de boa qualidade com detectores de elétrons retroespalhados.

3) Recobrimento por Sputtering

Para se obter uma boa imagem em MEV, é necessário que a superfície da amostra seja uma boa condutora^[2], pois os elétrons que incidem na amostra devem ser “conduzidos” para fora da superfície, de forma a não ficarem acumulados em “ilhas”, gerando o chamado efeito de carregamento, o que evita a emissão de elétrons secundários e prejudica a qualidade da imagem.

Para evitar que ocorra o carregamento, é comum recobrir a superfície da amostra com uma camada condutora fina o suficiente para não atrapalhar na emissão dos elétrons. Nesse trabalho, evidenciamos a importância do recobrimento em amostras não condutoras através da deposição de uma camada de nanopartículas de ouro pela técnica sputtering, onde átomos de ouro são atingidos por um gás inerte (Argônio), causando erosão de alguns átomos superficiais, e esses átomos irão recobrir a superfície da amostra em questão. Obtivemos as seguintes imagens:

a) Sem recobrimento:



b) Após recobrimento:

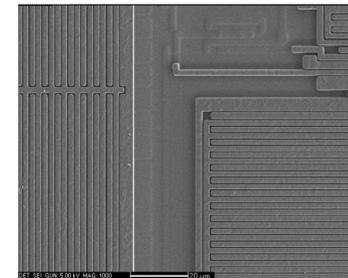


Figura 3: Efeito do recobrimento da amostra com nanopartículas de ouro por sputtering

Fica evidente a melhora na qualidade da imagem após o recobrimento por sputtering, pois na amostra pura, a falta de condutividade da superfície, gerava regiões de acúmulo de elétrons, originando o efeito conhecido como carregamento^[3], impossibilitando uma melhor análise da superfície. Após o recobrimento, a resolução e a nitidez da imagem superficial foram obtidas de maneira satisfatória.

4) EDS(EDX):

A técnica Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS ou EDX- Espectroscopia de raios-X por Dispersão de Energia) consiste em identificar os elementos químicos presentes na amostra através das linhas de emissões de raios-X características de cada elemento presente na amostra, que resulta da interação do feixe primário com a amostra.

Para a utilização da técnica de EDS, foram feitas análises de 2 segmentos da amostra, como mostra a figura abaixo:

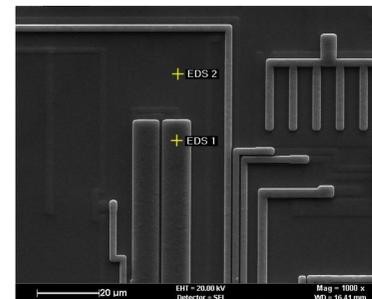
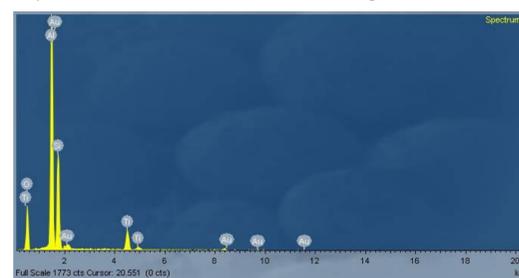


Figura 4: Pontos nos quais foram feitos EDS

Nota-se que uma análise (EDS1) foi feita sobre a trilha de alumínio, enquanto a outra (EDS2) foi feita diretamente sobre a superfície do silício. Foram obtidas as seguintes análises químicas:

a) EDS1:



b) EDS2:

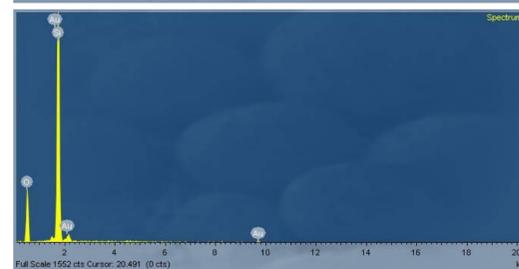


Figura 5: Análises por EDS

Em ambos os espectros nota-se a presença de silício e oxigênio, presente no óxido de silício que se forma na superfície, além do ouro, resultado do recobrimento. Porém, no espectro sobre a trilha de alumínio, nota-se também a presença do próprio alumínio, além de titânio, pois, abaixo da trilha de alumínio, há uma camada de nitreto de titânio (TiN), que justifica a presença do elemento.

• CONCLUSÃO:

De acordo com o objetivo do trabalho, conseguiu-se entender e analisar as diferentes influências que cada um dos parâmetros citados tem sobre a qualidade de uma imagem feita em Microscopia Eletrônica de Varredura, além da compreensão de que nem sempre há um valor correto para um parâmetro, mas é necessário saber ajustar esses parâmetros para uma situação de análise desejada, pois, enquanto para análises superficiais é recomendada a utilização do detector de SE e baixa energia do feixe de elétrons, para análises químicas e de maior profundidade, recomenda-se o uso de detector de BSE, além de um feixe incidente com maior energia.

• AGRADECIMENTOS:

CNPq, PROBIC, FAPERGS e CEITEC-SA

• REFERÊNCIAS:

[1] <http://www.geology.wisc.edu/~johnf/g777/JEOLguide.pdf>

[2] <http://www.engr.uvic.ca/~mech580/electron-microscopy/Introduction%20SEM.pdf>

[3] Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis - Joseph Goldstein



MODALIDADE
DE BOLSA

PROBIC/FAPERGS