

ESTUDO DO ESTILO DE LEIAUTE DO TIPO ELIPSOIDAL PARA MOSFET EM AMBIENTES DE RADIAÇÃO IONIZANTES DE RAIOS-X

Thomas Patrick Godoy de Souza, Salvador Pinillos Gimenez¹
¹ Departamento de engenharia elétrica, Centro universitário FEI
thomas.pgs.br@gmail.com, sgimenez@fei.edu.br

Resumo: O objetivo deste trabalho é estudar os efeitos das radiações ionizantes de raios-X nos principais parâmetros e figuras de mérito do Transistor de Efeito de Campo Metal-Óxido-Semicondutor (*Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor*, MOSFET) que são implementados com o estilo de leiaute do tipo elipsoidal por meio das simulações numéricas tridimensionais (3D), visando as aplicações espaciais, nucleares e médicas de circuitos integrados (*integrated circuits*, ICs).

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa e desenvolvimento voltado a eletrônica, em específico os dispositivos semicondutores e circuitos integrados (*integrated circuits*, ICs), tiveram o intuito de aumentar o desempenho elétrico, assim como reduzir as dimensões do Transistor de Efeito de Campo Metal-Óxido-Semicondutor (*Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor*, MOSFET) planares e não planares (FinFETs, Multi-Gates, Surrounding-Gate, etc), e também aumentar a robustez diante a exposição desses dispositivos às radiações ionizantes [1].

Essas novas estruturas de leiaute permitiram a descoberta de novos efeitos nos MOSFETs, tais como o Efeito de Canto Longitudinal (*Longitudinal Corner Effect*, LCE), o Efeito da Conexão Paralela de MOSFETs com diferentes Comprimentos de Canal (*Parallel Connections of MOSFETs with Different Channel Lengths Effect*, PAMDLE) e o Efeito da Desativação dos MOSFETs Parasitários nas Regiões de Bicos de Pássaros (*Deactivation of Parasitic MOSFETs in the Bird's Beaks Regions Effect*, DEPAMBBRE) que evidenciaram seus benefícios quando comparamos aqueles implementados com o estilo de leiaute do tipo retangular convencional equivalente, quando comparamos os seu desempenhos elétricos graças aos efeitos LCE e PAMDLE e, também, quanto as suas tolerâncias às radiações ionizantes, graças aos efeitos DEPAMBBRE [2;3;4].

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. MOSFET

O princípio básico de um MOSFET é usar a tensão entre dois terminais para controlar o fluxo de corrente através do terceiro terminal. O MOSFET consiste em um substrato do tipo p (alta presença de lacunas), no qual são difundidas duas regiões do tipo n (alta presença de Elétrons-Livres) fortemente dopadas. Essas duas regiões formam a fonte e o dreno. A região de porta é formada cobrindo a área entre o dreno e a fonte com uma camada fina de dióxido de silício (SiO₂) coberta por uma região condutora. Daí o nome MOSFET (Metal, Óxido e Semicondutor) [5;6].

B. EFEITO DA DOSE IONIZANTE TOTAL (“TOTAL IONIZING DOSE”, TID)

Quando um objeto é exposto a uma dose de radiação ionizante por um longo período, cargas positivas se acumulam no dielétrico (região isolante) dos dispositivos semicondutores, como os MOSFETs. Nesse caso, uma carga positiva é armazenada na região do óxido (carga aprisionada pelo óxido). Dessa maneira, a tensão de limiar (V_{TH}) dos MOSFETs, canal n, tendem a diminuir e conseqüentemente eles tendem a conduzir com menores tensões aplicadas à região de porta.[5]

C. EFEITO DE CANTO EM MOSFETS RETANGULAR E NÃO CONVENCIONAIS.

Num MOSFET do tipo retangular (Figura 1.a) é possível observar o Efeito de Canto (*Corner Effect*, CE), que se caracteriza por apresentar duas componentes de campo elétrico vertical nos cantos da região de canal. A soma vetorial destes componentes gera um campo elétrico resultante que é maior nas regiões de canto. Como consequência, observa-se que o V_{TH} nas regiões de canto são menores que nas demais regiões mais afastadas dos cantos e, portanto, uma maior corrente de dreno (I_{DS}) ocorre nos cantos desse dispositivo.[4]

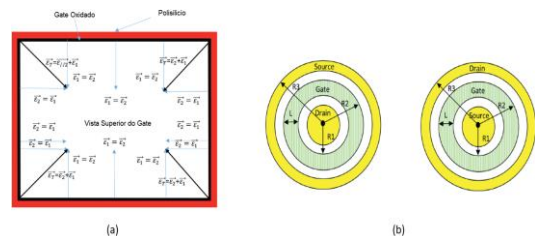


Figura 1: Representação da estrutura de um Mosfet; (a) Representando um retangular e (b) um circular com configuração dreno interno e dreno externo [4]

Cabe aqui ressaltar que a mudança do formato da região de canal de um MOSFET pode também alterar o campo elétrico resultante na região de canal. Um exemplo disso é o MOSFET do tipo circular (Figura 1.b). Nesse caso, o campo elétrico resultante é mais intenso quando esse dispositivo é polarizado em configuração de dreno interno, pois tem-se uma menor área para que o campo elétrico aplicado ao dreno seja distribuído ao longo da região de canal.

R1, R2, R3 são respectivamente os raios que definem a geometria circular da porta e das regiões de fonte/dreno, dependendo do tipo de configuração do MOSFET (polarização de dreno interno ou de dreno externo) [4].

Além desses efeitos, podemos notar a presença do PAMDLE nos MOSFETs, do tipo elipsoidal, o qual denota os caminhos de menor gasto energético realizável em ambientes não convencionais para diferente

comprimento no canal. Sendo assim, tais elementos podem aumentar a eficiência energética do dispositivo. Como dito anteriormente, uma característica interessante dessa nova estrutura de porta para MOSFETs é que as linhas campo eléctrico longitudinal (*Longitudinal Electric Field*, LEF), é curvada ao longo do comprimento do canal (elas são perpendiculares às junções metalúrgicas pn entre as regiões de dreno e canal, e regiões de canal e fonte) [3;4;5].

Define-se a região de bico de pássaro (*Bird's Beak Regions*, BBRs) aquela que se encontra na borda do canal entre as regiões de dreno e fonte (Figura 2.a). Quando essa região é submetida a radiações ionizantes, nela é induzida cargas positivas. Sendo que, está aglomeração de carga interferem na utilização do dispositivo [4].

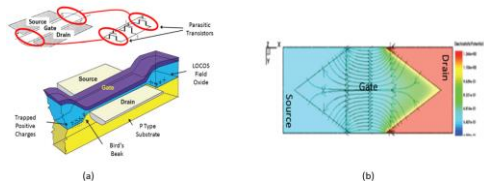


Figura 2: (a) : Ilustração de um MOSFET convencional indicando as regiões de bico de pássaro, (b) Efeito DEPAMBBRE em um MOSFET do tipo Diamante

Com a utilização de novos estilos de leiaute para MOSFETs, como a do Diamante (geometria de porta hexagonal), conforme ilustrado na Figura 2.b, as suas linhas de LEF resultantes são encurvadas ao longo do canal. Portanto, o estilo de leiaute que diferenciam da estrutura convencional é mais tolerante à dose ionizante total (TID), porque os MOSFET parasitários das BBRs tornam-se eletricamente desativados. Este novo efeito foi chamado de efeito DEPAMBBRE (*Deactivation of Parasitic MOSFTs in the Bird's Beak Regions*) [3;4;5].

D. MOSFET DO TIPO ELIPSOIDAL, A PATIR DO OCTAGONAL

O MOSFET do tipo Elipsoidal (Figura 3.b) é uma evolução do MOSFET do tipo Diamante (Figura 2.b), que foi antecessor do MOSFET do tipo Octogonal (Figura 3.a). Esses dispositivos apresentam os seguintes efeitos nos quais não são apresentados nos convencionais equivalentes.

- I- *Longitudinal Corner Effect* (LCE);
- II- *Parallel Connections of MOSFETs with Different Channel Lengths* (PAMDLE);
- III- *Deactivation of Parasitic MOSFTs in the Bird's Beak Regions* (DEPAMBBRE).

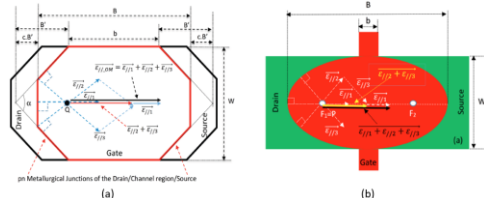


Figura 3: (a) Estrutura do leiaute Octogonal, (b) Estrutura do leiaute Elipsoidal [4]

Na Figura 3, $\vec{\epsilon}_{//1}, \vec{\epsilon}_{//2}, \vec{\epsilon}_{//3}$ são os componentes do LEF e $\vec{\epsilon}_{//OM}$ é a resultante de LEF, B e b são o comprimento de maior e menor canal, respectivamente, W é a largura do canal, c é o fator de corte e B', no caso do octogonal, é a altura do triângulo que define a

geometria hexagonal com o MOSFET octogonal foi criado [4].

3. RESULTADO EXPERIMENTAL

Para a realização das simulações numérica tridimensionais no simulador Sentaurus é necessário criar as estruturas dos MOSFETs a serem estudados. Dessa forma, foram criadas duas estruturas de MOSFETs. A primeira é um MOSFET com geometria de porta convencional retangular e a outra que apresenta um estilo de leiaute elipsoidal (Figura. 4).

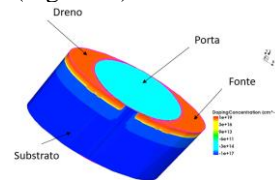


Figura 4: leiaute da elipse MOSFET, no software Sentaurus.

Com a utilização do software Sentaurus simulamos em comparação um elipsoidal e um convencional em ambientes sem radiação a fim de basear a nossa análise futura, como pode ser visto na Figura 5, sendo os parâmetros do convencional (L = 0.56 µm, W = 0.81 µm) e o elipsoidal (W = 0.56 µm, B = 1.04 µm, b = 0.18 µm).

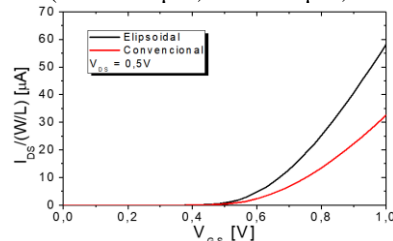


Figura 5: Grafico comparativo entre as curvas Ids por Vgs, entre o Mosfet.

Quanto realizados os testes, aplicamos uma carga de um 1 G/Rad na porta do Mosfet, verificamos que o software retornou resultados que não convergiram, o que nos impediram de apresentar uma resposta conclusiva diante ao o novo leiaute.

4. CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento do experimento encontramos problemas na radiação na porta do Mosfet, o que nos impediu de concluir o nosso objetivo inicial, entretanto quando comparado a estrutura tradicional, é visível a mudança comportamental da curva Ids x Vgs.

5. REFERÊNCIAS

- [1] CORREIA, Marcello Marcelino. “Estudo dos MOSFETs com estilo de leiaute do tipo Elipsodal”. 2016
- [2] SALERNO GALEMBECK, Egon Henrique ; GIMENEZ, Salvador Pinillos. LCE and PAMDLE Effects From Diamond Layout for MOSFETs at High-Temperature Ranges. IEEE Transactions on Electron Devices. 2021
- [3] SONNENBERG, VICTOR ; NICOLETT, APARECIDO. transistores mosfets fabricados na tecnologia de silício sobre isolante -soimosfet: a caminho do futuro. 2003
- [4] Gimenez, Salvador Pinillos Layout Techniques for MOSFETs, Morgan & Claypool, 2016.
- [5] Cruz, William Souza . “ Estudo Experimental da influência das radiações ionizantes de Raios - x em Mosfets com estilo de leiaute de porta octogonal com tecnologia de fabricação de cis mos de silício-germanio de 130 nm”. 2019
- [6] SEDRA, Adel S. 2007. Microeletrônica. Oxford : Pearson Education do Brasil, 2007. ISBN 978-85-7605-022-3.