

MOSFET COM ESTILO DE LEIAUTE DE PORTA OCTOGONAL OPERANDO COMO SENSOR DE LUZ

Yuri Ramos Rodrigues¹, Prof. Dr. Salvador Pinillos Gimenez²
^{1,2} Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário da FEI
 yrodrigues912@gmail.com sgimenez@fei.edu.br

Resumo: O principal objetivo deste projeto de pesquisa é o estudo dos MOSFETs implementados com geometria de porta octogonal operando como sensor de energia luminosa. As principais figuras de mérito relativas aos foto-transistores serão obtidas experimentalmente dos MOSFETs do tipo Octangular (Octo) e serão comparadas com as equivalentes convencionais, que apresentam geometria de porta retangular, afim de verificar a influência da geometria de porta nas respostas elétricas dos MOSFETs.

1. Introdução

O transistor de efeito de campo Metal-Óxido-Semicondutor (*Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor*, MOSFET) pode ser utilizado como um sensor de energia luminosa, pois ele apresenta um comportamento similar de uma fonte de corrente com alta impedância de saída. Dessa forma, o fototransistor pode ser utilizado em diversas áreas, como na medicina, no ambiente, em aplicações militares etc. Além disso, eles podem ser utilizados como foto-sensor nas matrizes de imagem de *pixel* ativas (*Active Pixel Sensing*, APS), que são muito utilizadas em celulares, máquinas fotográficas, radares, etc. [1-2].

Tendo em vista a alta aplicabilidade dos MOSFETs atuando como sensores de luz, visamos a busca por uma melhor performance elétrica, mantendo a quantidade de energia consumida, para isso, utilizamos um leiaute de porta octogonal.

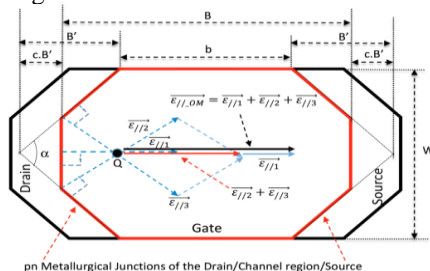


Figura 1 - Leiaute Octangular.

A estrutura octangular é criada quando se corta em um fator “c” parte dos cantos extremos do layout de porta Hexagonal na tentativa de aumentar o Efeito de Campo Longitudinal (*Longitudinal Corner Effect*, LCE), a tensão de ruptura (BV_{DS}) e a tolerância a descarga eletrostática (ESD) [3].

A figura 1 e 2 ilustra como é o modelo octangular e o retangular com seus devidos componentes do Campo Elétrico Longitudinal (*Longitudinal Electric Field*, LEF) ao longo do canal, onde b e B são os maiores e menores comprimentos de canal, respectivamente, B' é a altura da parte triangular do leiaute de porta hexagonal que dá origem ao formato de porta octogonal, c é o fator de

corte, W é a largura de canal do MOSFET, L é o comprimento de canal, α é o ângulo formado pela parte triangular da geometria hexagonal que forma a porta de geometria octangular, $\vec{E}_{//_CSM}$ é a resultante Campo Elétrico Longitudinal (LEF) no MOSFET de porta retangular (onde é presente apenas uma componente). $\vec{E}_{//1}$, $\vec{E}_{//2}$, $\vec{E}_{//3}$ são os componentes vetoriais do LEF gerados devido a tensão V_{DS} no modelo octogonal e são dependentes do ângulo α [3].

A interação presente na intersecção dos componentes vetoriais do LEF, formando seis triângulos que compõe “as pontas da estrela” e apresentando em seu centro três componentes LEF, é chamado de Efeito de Canto Longitudinal (*Longitudinal Corner Effect*, LCE), o qual é responsável pelo aumento da componente resultante do campo elétrico longitudinal ($\vec{E}_{//}$), conseqüentemente a velocidade de deriva de portadores móveis carregados ($\vec{v}_{//}$), sua corrente de dreno e vários parâmetros elétricos e figuras analógicas e digitais de mérito são aumentadas [3-4].

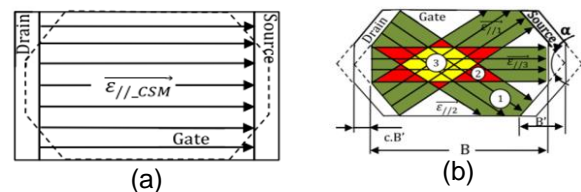


Figura 2 - Região de canal com os Efeitos de Campo Longitudinal no leiaute retangular (a) e octangular (b).

O modelo octangular pode ser representado eletricamente como o paralelo de MOSFETs do tipo retangular infinitesimais com diferentes comprimentos de canal L, ao longo de uma mesma largura W [5]. Esse tipo de efeito é chamado de efeito PAMDLE ou Conexão paralela de MOSFETs com diferentes comprimentos de canal [3-5]. Esse efeito faz com que um maior fluxo de corrente de dreno (I_{DS}) seja forçado para a periferia do dispositivo, pois existem MOSFETs com L_s baixos na borda [3]. Com base nisso, o comprimento efetivo de canal do modelo octogonal (L_{eff_OM}) pode ser representado pela equação (1) [3-4-5].

$$L_{eff_OM} = \frac{1}{\left(\frac{1-c}{B-b}\right) \ln\left(\frac{B}{b}\right) + \frac{c}{B}} \quad (1)$$

Nota-se que quando adotamos c igual a 1, então L_{eff_OM} é igual ao L de um MOSFET retangular, que é igual a B. Para considerarmos que tanto o retangular quanto o octangular apresentem a mesma área A_G , é

necessário que o comprimento efetivo (L) do modelo retangular seja igual a $(b+2B)/3$. Com isso, notamos que o I_{DS_OM} sempre será menor que o que encontramos no transistor convencional retangular equivalente, sendo independente dos limites que a tecnologia impõe, portanto, esse resultado não depende do processo de fabricação e tecnologia aplicada, mas apenas da geometria. Concluindo assim, que o modelo octo é capaz de reduzir o comprimento efetivo do canal quando comparado ao retangular, considerando os dois com a mesma área de porta (A_G). [3-4].

Então, tanto o LCE quanto o efeito PAMDLE, ocorrem de maneira paralela na estrutura octo e são responsáveis por aumentar a performance elétrica do dispositivo, sem aumentar nenhum custo a corrente e sofisticação ao processo de fabricação de um circuito integrado CMOS do tipo retangular [4-5].

Para o cálculo da corrente de dreno/fonte (I_{DS_OM}), utilizamos a equação (2), levando em conta o efeito PAMDLE e o LCE [3-4].

$$I_{DS_OM} = G_{LCE} \cdot G_{PAMDLE} \cdot I_{DS_RM} \quad (2)$$

Onde $G_{LCE} = [\sqrt{2(1 + \cos \alpha)} + 1]$ para $0 \leq \alpha \leq 90^\circ$ e $(\sqrt{2 + \cos \alpha} + 1)$ para $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$, $G_{PAMDLE} (= L/L_{eef_OM})$ são os ganhos relacionados ao LCE e ao efeito PAMDLE, respectivamente, e I_{DS_RM} é a corrente I_{DS} do transistor de porta retangular [3-4].

4. Metodologia

O desenvolvimento do trabalho ocorreu inicialmente por meio de estudos bibliográficos. Foram realizados de forma inicial o levantamento das características elétricas do leiaute retangular convencional com o leiaute de porta octangular utilizando-se uma das tecnologias de fabricação de Cis CMOS disponível no nosso grupo de pesquisa [130 nm da *Global Foundry* (antiga IBM), Silício-Germânio, SiGe, implementada via MOSIS].

A caracterização elétrica se dá a partir do uso do laboratório de Microeletrônica do Centro Universitário da FEI, utilizando o sistema de caracterização elétrica de dispositivos semicondutores da Keithley.

5. Resultados

A partir do sistema de caracterização, foram levantadas duas curvas.

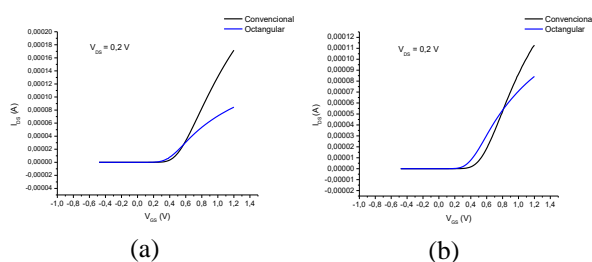


Figura 3 – Curva I_{DS} x V_{GS} utilizando uma lâmpada 100 W (a) e 150 W (b).

A partir dos gráficos levantados com os transistores operando com a presença de luz irradiada por lâmpadas de diferentes potências, é possível perceber que o transistor octangular consegue oferecer a mesma corrente que o transistor convencional apresentando uma tensão V_{GS} menor que o convencional, porém, existe um nível de tensão máximo, que será estudado de maneira específica em outro estudo, contudo é possível observar que com o aumento da potência irradiada, o limite dessa característica se estende cada vez mais.

6. Conclusão

De forma inicial, fica perceptível uma melhor performance elétrica do octogonal quando comparamos com o modelo retangular, visto que é necessário menos tensão para uma corrente, mostrando a vantagem em aplicar o mesmo como um sensor de luz no lugar de um convencional. Para se obter uma perspectiva melhor da vantagem do octogonal, serão realizados a aquisição de mais dados e novos estudos serão realizados.

7. Referências

- [1] Russell, J. e Cohn, R., Photodetector, BookVika Publishing, 2013.
- [2] Owens, R., Photodetectors: Devices and Applications, Larsen and Keller Education, 2017.
- [3] S. P. Gimenez and D.M. Alati, “OCTO SOI MOSFET: An Evolution of the Diamond to be Used in the Analog Integrated Circuits,” in *Proc. EUROSOL*, Granada, Spain, Jan. 2011, pp 91-92.
- [4] Gimenez, S. P.; Galembeck, E. H. S.; Renaux, C. ; Flandre, D., Impact of Using the Octagonal Layout for SOI MOSFETs in High Temperature Environment. *IEEE Transactions on Device and Materials Reliability*, v.99, p.1 - 1, 2015
- [5] S. P. Gimenez, M. M. Correia, E. D. Neto, and C. R. Silva, “An innovative ellipsoidal layout style to further boost the electrical performance of MOSFETs,” *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 36, no. 7, pp.705–707, Jul. 2015.

Agradecimentos

À FEI pela realização das medidas e empréstimo de equipamentos.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 02/18 a 01/19.