DANOS CAUSADOS POR ÍONS NO ÓXIDO DE CAMPO DE DISPOSITIVOS MOSFET

Kauê Cruz Guillen, Roberto Baginski Batista Santos
Centro Universitário da FEI
kcguillen@gmail.com, rsantos@fei.edu.br

Resumo: Simulamos a perda de energia de íons em sua passagem por um dispositivo semicondutor de tecnologia 0,35 µm. Determinamos a taxa de criação de pares elétron-buraco no óxido de campo e estimamos a concentração de buracos nesta camada do MOSFET.

1. Introdução

Dispositivos semicondutores MOSFET estão presentes em todos os campos de aplicação tecnológica espacial. Contudo, a radiação encontrada no espaço na forma de íons energéticos pode causar danos temporários ou permanentes aos dispositivos semicondutores. Estes danos são causados pela transferência de energia do íon para o material, que leva à criação de pares elétron-buraco nas diversas camadas do MOSFET, em especial nas camadas de óxido. Enquanto os elétrons escapam com razoável facilidade do óxido, uma fração dos buracos aprisionada no óxido. Esta carga elétrica adicional modifica a operação do dispositivo e pode, em casos extremos, levar à falha permanente do dispositivo [1].

São necessários aproximadamente 17 eV para criar um par elétron-buraco no SiO_2 [2]. Portanto, a taxa de criação de pares por unidade de volume do óxido é

$$\dot{n} = \frac{\varphi s}{17\ \text{eV/par}} \qquad (1)$$

na qual $s = -dE/dx$ é a perda de energia pela distância percorrida no material e φ é o fluxo de íons.

2. Metodologia

Foram realizadas simulações com íons de quatro elementos químicos (H, He, O e Au) com diferentes energias iniciais, para analisarmos a transferência de energia dos íons para o óxido de campo (FOX, field oxide) de um dispositivo MOSFET de tecnologia 0,35 µm. As simulações foram executadas no módulo TRIM do simulador SRIM, que usa o método de Monte Carlo para determinar, dentre outras grandezas, a trajetória dos íons e a energia perdida pelos íons. Nas simulações, acima da região ativa do dispositivo, havia quatro camadas metálicas (Al) com espessuras entre 640 nm (M1) e 925 nm (M4), três camadas isolantes (SiO_2) entre as camadas metálicas com espessura de 1000 nm cada e uma camada superior passivadora (SiO_2) com espessura de 900 nm.. O óxido de campo possuía espessura de 290 nm e, logo acima dele, o isolante entre o eletrodo de porta e a camada metálica M1 possuía espessura de 645 nm.

3. Resultados

Um exemplo dos resultados obtidos até o momento é mostrado na figura 1 para o caso de um íon de hidrogênio com energia incial de 680 keV. Deve-se notar que o poder de freamento é máximo na região do óxido de campo, chegando até 13 eV/Å.

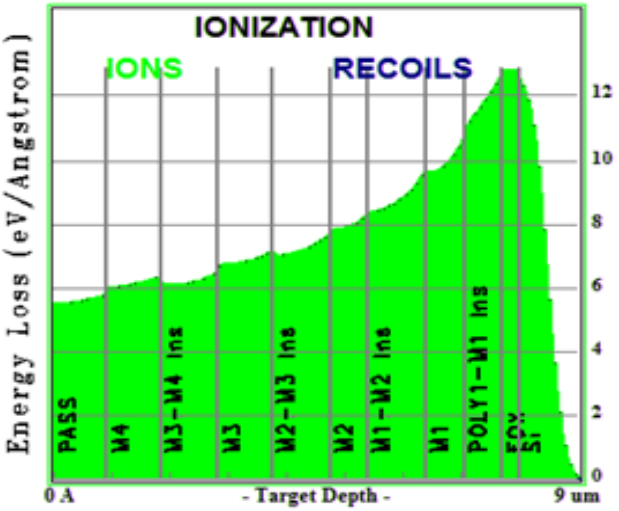

Figura 1. Perda de energia por ionização para um íon de hidrogênio com energia inicial 680 keV.

Como o fluxo de prótons no cinturão interno de Van Allen é de, aproximadamente, 10^9 íons/m^2·s [3], podemos afirmar que a taxa de criação de pares no FOX é de $7{,}65 \times 10^{12}$ pares/cm^3·s. Nem todos os buracos terminam aprisionados no óxido; muitos sofrem recombinação assim que criados e outros escapam do óxido. Estimando a taxa de conversão de pares em buracos em 10% e supondo que o tempo médio de aprisionamento de um buraco no óxido é da ordem de 24 h, a concentração de buracos no estado estacionário seria de 66×10^{15} buracos/cm^3 aprisionados no FOX.

4. Conclusões

A perda de energia de íons energéticos para o óxido de campo de um dispositivo MOSFET foi determinada por simulação numérica. A taxa de criação de pares no óxido e a concentração de buracos no óxido foram estimadas. Os valores encontrados sugerem que o funcionamento do dispositivo pode ser afetado pela carga criada e acumulada no óxido de campo.

5. Referências

[1] SCHWANK, J.R. et al. **IEEE Transactions on Nuclear Science** v.55, p.1833, 2008.
[2] BENEDETTO, J.M.; BOESCH JR., H.E., **IEEE Transactions on. Nuclear Science** v.33, p.1318, 1986.
[4] STASSINOPOULOS, E.G; RAYMOND, J.P. **Proceedings of the IEEE** v.76, p.1423, 1988.

[1] Aluno de IC do Centro Universitário da FEI