ESTUDO DOS EFEITOS DA RADIAÇÃO EM DIFERENTES TAXAS DE DOSE NA TENSÃO DE LIMIAR DOS MOSFETs

Felipe Gustavo Hernandes Leite, Marcilei Aparecida Guazzelli da Silveira
Centro Universitário da FEI
felipeghleite@gmail.com,marcilei@fei.edu.br

Resumo: Neste trabalho de pesquisa foram analisados os efeitos da dose ionizante total (TID) de raios-X de 10 keV na tensão de limiar de dispositivos MOSFETs (Metal Oxide Silicon Field Effect Transistor) em função da taxa de dose de radiação.

1. Introdução

Com o avanço da indústria eletrônica e a necessidade de componentes tolerantes à radiação, tornou-se necessário o estudo dos mecanismos físicos responsáveis por danos em dispositivos eletrônicos expostos à radiação ionizante. Em dispositivos da tecnologia CMOS, os efeitos da radiação ocorrem principalmente em acúmulo de cargas nas camadas de óxido e na interface Si/SiO_2. O entendimento desses mecanismos beneficiam o desenvolvimento, capacitação e inovação em áreas estratégicas para o Brasil [1,2].

A radiação ionizante pode gerar alguns efeitos nos dispositivos, sendo os principais os efeitos de evento único, danos por deslocamento atômico e o dano por dose ionizante total acumulada. A geração de pares elétron-buraco no óxido e o armadilhamento de cargas devido a TID são os efeitos predominantes observados neste trabalho. Devido à baixa mobilidade do buraco, as cargas armadilhadas no óxido e nas interfaces são positivas. Isso altera fatores como mobilidade eletrônica, densidade de portadores no canal, alteração da tensão de limiar (V_{TH}) e corrente de fuga. As alterações desses fatores podem gerar erros lógicos, mal funcionamento ou dano permanente no dispositivo [1].

2. Metodologia

No trabalho foram utilizadas taxas de dose correspondentes a duas diferentes correntes aplicadas no filamento do tubo de raios-X: 5 mA e 10 mA. Com as taxas de dose sendo de 46 rad/s e de 96 rad/s. Dois dispositivos foram irradiados com 4 doses acumuladas: 100 krad(Si), 150 krad(Si), 250 krad(Si) e 500 krad(Si). O equipamento Shimadzu XRD-7000 foi utilizado nas irradiações com raios-X. Os Analisadores de Parâmetros Keithley 4200 SCS e Agilent 4156C foram utilizados para a obtenção das curvas da corrente de dreno em função da tensão na porta, I_D-V_{GS}. Os dados foram analisados no OriginPro 9.0. A obtenção da tensão de limiar (V_{TH}) foi feita através do método da segunda derivada da curva I_D-V_{GS}. As amostras foram caracterizadas a cada 48 h, começando logo após a primeira irradiação, até totalizar 144h.

3. Resultados

Na tabela 1 estão as tensões de limiar obtidas após o estado permanente de dano nos dispositivos. É possível observar a diminuição do V_{TH} em todos os dispositivos.

Tabela I – Tabela de variações no V_{th} (ΔV_{th}).

	V_{TH} (V)			
Dose (krad(Si))	nMOS 46 rad/s	nMOS 96 rad/s	pMOS 46 rad/s	pMOS 96 rad/s
Pré-Rad	1.417	1.417	-1.436	-1.436
100 krad(Si)	0.750	0.825	-2.960	-2.930
150 krad(Si)	0.705	0.780	-3.300	-3.200
250 krad(Si)	0.790	0.510	-3.872	-3.795
500 krad(Si)	0.940	1.035	-4.420	-4.315

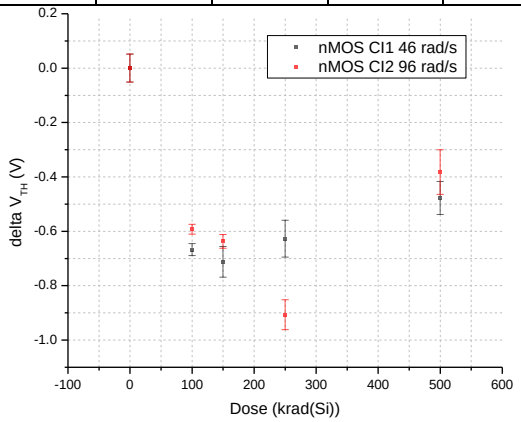

Figura 1 – Tratamento estatístico de ΔV_{TH} em função da dose acumulada para nMOS.

A figura 1 mostra um gráfico da variação da tensão de limiar em função da dose para as duas taxas de dose diferentes. Nota-se que para o dispositivo 1, a inversão de V_{TH} no nMOS ocorre em 250 krad(Si), e para o dispositivo 2 a inversão só ocorre em 500 krad(Si). Também é observado que a alteração de V_{TH} no pMOS é sempre no mesmo sentido, devido aos portadores serem de carga com mesmo sinal das cargas armadilhadas.

4. Conclusões

Através do estudo, nota-se que taxas de dose menores parecem ser mais nocivos aos dispositivos do que taxas maiores. Isso ocorre devido ao rearranjo dos pares elétrons-lacunas criados pela irradiação no óxido e nas interfaces ser maior em taxas de dose maiores.

5. Referências

[1] JOHNSTON, Allan. "Reliabilty and Radiation effects in Compound Semiconductors" World Scientific Publishing Co. Pte.Ltd., California Institute of Technology, USA. 2010'.

[2] BRINKMAN, W. F., et al., "A History of the Invention of the Transistor and Where It Will Lead Us". IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 32, 1997.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário da FEI, ao CTI, à FINEP, à FAPESP e a todos os envolvidos que auxiliaram no projeto.

[1] 11.111.109-2 Aluno do Centro Universitário da FEI com bolsa de IC da FAPESP.