

CARACTERIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE POTÊNCIA EXPOSTOS A RADIAÇÃO DE DOSE IONIZANTE TOTAL

Felipe de Barros Silva¹, Marcilei Aparecida Guazzelli²
^{1,2} Departamento de Física, Centro Universitário da FEI
felipe.1391@gmail.com, marcilei@fei.edu.br

Resumo: O foco deste estudo é o estudo dos efeitos de radiação de Dose Ionizante Total (TID) em um transistor nMOSFET de potência, o IRLZ34NPbf, e a variabilidade nos parâmetros elétricos medidas em várias amostras de um mesmo lote. Os dispositivos serão submetidos à radiação de prótons e raios-X. Até o momento os dispositivos foram irradiados com prótons onde os efeitos das cargas aprisionadas nas regiões sensíveis do material se mostrou um fator prejudicial ao seu funcionamento, modificando características importantes do componente.

1. Introdução

A operação de dispositivos eletrônicos é fortemente afetada pela radiação ionizante, presente em vários ambientes, do espaço a medicina nuclear. Com a miniaturização, esses efeitos são ainda mais consideráveis, e as cargas armadilhadas no óxido e na interface óxido-semicondutor produz frequentemente respostas prejudiciais na operação do circuito [1,2].

Entender estes mecanismos físicos é crucial para desenvolvimento de novas tecnologias robustas a radiação, e neste estudo 3 transistores foram irradiados por feixes de prótons da ordem de 2,6 MeV, acumulando diferentes doses. Em andamento está a irradiação por raios-X, onde novos dispositivos estão sendo expostos à feixes da ordem de de 10 keV.

Os efeitos para cada tipo de fonte de radiação estão sendo comparados, através da caracterização elétrica dos dispositivos pré e pós procedimento por meio da extração de curvas características.

2. Metodologia

Os dispositivos passaram por um processo de desencapsulamento por corrosão, removendo a camada protetora de epóxi, para a exposição ao feixe de prótons. A aquisição dos parâmetros elétricos é feita por meio da plataforma PXIe-1062Q da National Instruments, localizado no LERI – Laboratório de Efeitos da radiação Ionizante, no Centro Universitário FEI, onde também estão sendo realizadas as irradiações por raios-X.

A irradiação por feixes de prótons foi realizada no acelerador Pelletron no LAMFI, laboratório da USP. Os feixes de protons com energia de 2,6 MeV atingiram 3 transistores, acumulando uma dose total de 80 krad, 140 krad and 150 krad, usando uma diferente taxa de dose para cada componente.

3. Resultados

As irradiações com prótons mostraram resultados que podem ser vistos nas figuras 1 a 3, onde o acentuado deslocamento para a esquerda da curva de

corrente de dreno em função da tensão de porta se deu devido as cargas positivas (lacunas) armadilhadas na região sensível do material (vide Figura 1). As lacunas presas no óxido, por terem menor mobilidade do que os elétrons, geram um campo elétrico vertical que aproxima os elétrons, gerando um canal de condução e consequentemente corrente para valores de tensão cada vez menores. Valores de transcondutância máxima foram extraídos pelo método da primeira derivada em relação a curva da figura 1, onde é possível perceber a queda da mobilidade no canal com o aumento dos portadores no óxido (vide Figura 2).

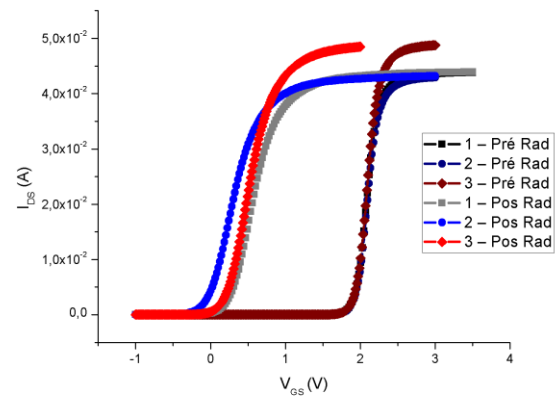


Figura 1 – Curvas I_{DS} x V_{GS} dos 3 dispositivos, pré e pós irradiação por feixe de prótons.

$$g_m = \frac{\partial I_{DS}}{\partial V_{GS}} = \frac{W \cdot C_{OX} \cdot V_{DS}}{L} \cdot \mu_N \quad (1)$$

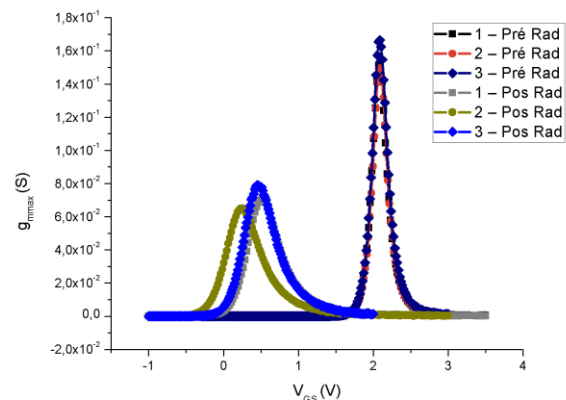
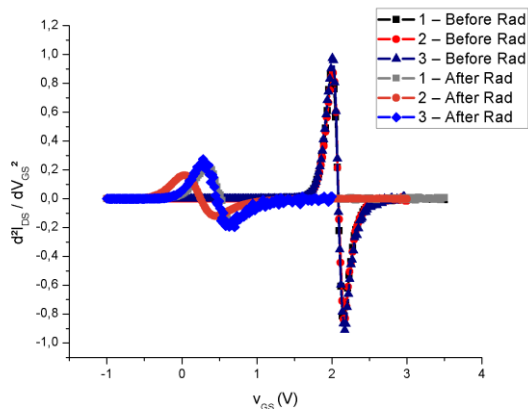


Figura 2 – Curvas g_m x V_{GS} dos 3 dispositivos.

Figura 3 – Curva com valores de V_{TH} dos dispositivos.

Na Figura 3 é possível verificar a extração do valor de tensão de limiar para os dispositivos antes e após serem submetidos aos efeitos de radiação por exposição ao feixe de prótons. O valor de V_{TH} foi obtido pelo método da segunda derivada, e é exposto na tabela 1.

A transcondutância máxima g_m dos dispositivos foram extraídas conforme indicado pela equação 1, e a variação da transcondutância esteve bem próxima para as três amostras, o que é observável de acordo com a tabela 2. Esta variação é algo a ser comparado e melhor analisado com a irradiação por raios-X.

Tabela 1 – V_{TH} para as diferentes doses acumuladas

Transistor	V_{TH} (V)	
	Pré-irradiação	Pós-irradiação
1 (80 krad)	1,99 V	0,34 V
2 (150 krad)	1,99 V	-0,01 V
3 (140 krad)	2 V	0,28 V

Tabela 2 – Variação da transcondutância para os três transistores irradiados

Transistor 1		
Dose (krad)	g_m (S)	Var (%)
0	0,147	-
80	0,07	-52,38%

Transistor 2		
Dose (krad)	g_m (S)	Var (%)
0	0,146	-
150	0,065	-55,48%

Transistor 3		
Dose (krad)	g_m (S)	Var (%)
0	0,165	-
140	0,079	-52,12%

4. Conclusões

O valor de V_{TH} decresceu a medida que mais dose foi acumulada nos dispositivos, como esperado. No tipo N, temos portadores negativos, onde o efeito das (lacunas) armadilhadas no óxido devido a radiação é de gerar a aproximação dos elétrons, o que acaba por aumentar a corrente no canal, sendo necessário cada vez menos tensão para o transistor formar um canal de condução entre fonte e dreno. A radiação ionizante gera efeitos que acontecem devido principalmente ao aumento da densidade de cargas presas nas regiões de óxido e interface do dispositivo, prejudicando a mobilidade dos portadores e consequentemente a transcondutância, parâmetro diretamente proporcional a mobilidade das cargas.

5. Referências

- [1] Holmes-Siedle, A.G. and Adams L., Handbook of Radiation Effects, Oxford University Press, 2002.
- [2] S. R. Rezende: Materiais e Dispositivos Eletrônicos, São Paulo. 2004.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário da FEI, Projeto INCT, FAPESP, CNPQ e Projeto CITAR, pelos laboratórios e equipamentos utilizados na pesquisa.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 02/17 a 01/18.