

Simulação de Diodos SOI Laterais do Tipo PIN com Porta para Utilização como Sensor de Temperatura

Lucas Aguiar Salvador e Michelly de Souza
Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI
lucasaguiaresalvador@gmail.com e michelly@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho apresenta um estudo de diodos PIN SOI laterais com porta, para utilização como sensores de temperatura. Os dados foram coletados através de simulações numéricas utilizando o simulador Atlas. Foi utilizada uma variação de tensão na porta do diodo PIN entre os valores 1,0V e -1,0V, para temperaturas no intervalo entre 100K e 500K, avaliando a sensibilidade e linearidade do diodo como um sensor de temperatura.

1. Introdução

Diodos semicondutores são dispositivos eletrônicos, constituídos de uma junção de semicondutores tipo P (carga fixa negativa com excesso de lacunas livres) e N (carga fixa positiva com excesso de elétrons livres) [1]. Dada a relação linear entre a tensão e a temperatura, quando a corrente é mantida fixa, eles são utilizados frequentemente como sensores de temperatura.

O diodo PIN é constituído por uma junção PN com uma região intrínseca (na verdade é uma região fracamente dopada) [2], separando as duas regiões, representado na Figura 1.



Figura 1 – Representação esquemática do diodo lateral PIN SOI.

A tecnologia Silício-sobre-Isolante (*Silicon-On-Insulator* – SOI) tem se constituído como uma importante alternativa para sustentar a contínua redução das dimensões enfrentada pela tecnologia CMOS convencional, implementada em lâminas de silício. Nesta tecnologia, uma fina camada de isolante separa a região ativa dos componentes do restante do substrato. Assim, as junções PN e PIN podem ser implementadas lateralmente, em uma fina camada de silício sobre o óxido enterrado [3]. A Figura 2 apresenta o perfil transversal de um diodo PIN implementado em tecnologia SOI, com as dimensões utilizadas neste trabalho.

Neste estudo foi adicionado um terminal de porta sobre a região intrínseca, para verificar se a aplicação de tensão, com potencial indução de um canal de elétrons (aplicando uma tensão positiva) ou de lacunas (aplicando uma tensão negativa), tem influência sobre o desempenho do diodo PIN funcionando como um sensor de temperatura.

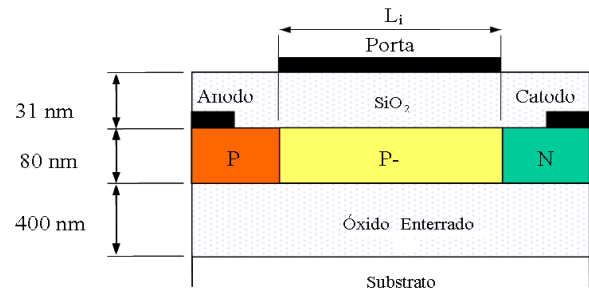


Figura 2 – Representação esquemática do diodo lateral PIN SOI.

2. Simulações Numéricas

Foram realizadas simulações numéricas de um diodo SOI laterais tipo PIN com as medidas do exemplo na Figura 1, porém com uma porta localizada logo acima da região intrínseca do diodo. Foram aplicadas à porta, tensões (V_g) entre -1V e +1V, com passos de 250mV [4].

Foi utilizado para as simulações numéricas o programa Atlas [4], para obter as curvas de corrente de diodos PIN com as concentrações de $N_p=1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$, $N_i=1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$, $N_n=4 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$, com a espessura da camada de silício $t_{si}=80 \text{nm}$, do óxido de porta $t_{oxf}=31 \text{nm}$, do óxido enterrado $t_{oxb}=400 \text{nm}$. Este diodo PIN tendo comprimento total de $8 \mu\text{m}$, sendo preenchido por uma região P de comprimento $L_p=1,5 \mu\text{m}$, uma região intrínseca de $L_i=5 \mu\text{m}$ e uma região N de comprimento $L_n=1,5 \mu\text{m}$, como o apresentado na Figura 2.

3. Resultados e Discussão

A figura 3 apresenta curvas da corrente do diodo (I_d), em função da tensão aplicada (V_d), considerando a tensão de porta igual a zero e diversas temperaturas.

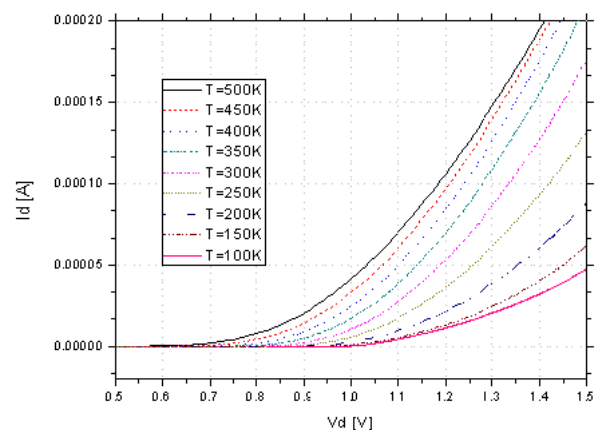


Figura 3 – Gráfico $V_d \times I_d$ com $V_g=0,0V$.

A figura 4 apresenta curvas da corrente do diodo (I_d) em escala logarítmica, em função da tensão aplicada (V_d), considerando a tensão de porta igual a zero e diversas temperaturas. Pode-se notar que a redução da temperatura aumenta a variação da corrente e aumenta a tensão de condução do diodo. O mesmo comportamento pode ser observado para tensões de porta diferentes de zero.

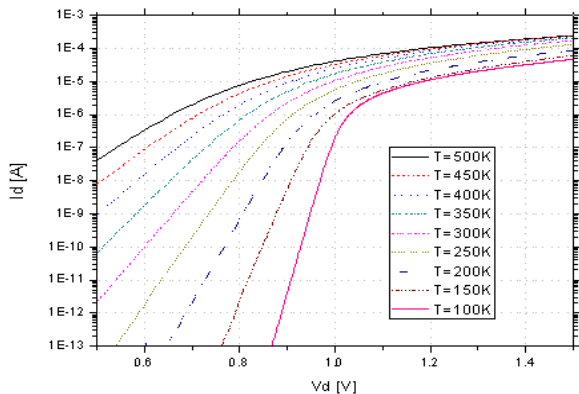


Figura 4 – Gráfico $V_d \times I_d$ escala logarítmica com $V_g=0,0V$.

Para utilizar o diodo PIN como sensor de temperatura utiliza-se a relação praticamente linear entre a tensão e a temperatura. Para isso foi analisado a relação entre $V_d \times T$ em correntes diferentes, 100nA, 10nA, 1nA e 100pA.

A sensibilidade do sensor de temperatura é dada pela inclinação da reta média formada pelos pontos da curva $V_d \times T$. E pode-se perceber que a curva fica mais inclinada para a corrente de 100pA, o que caracteriza a maior sensibilidade do diodo quando se aplica menores correntes.

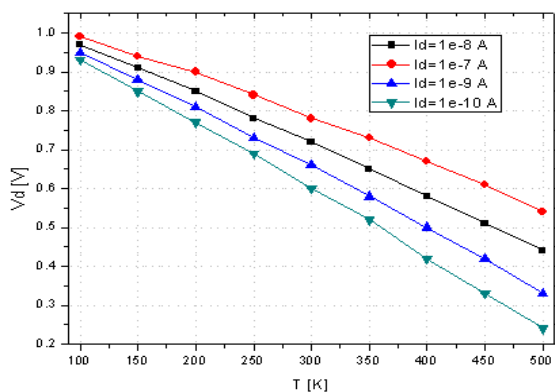


Figura 5 – Gráfico $V_d \times T$ com diferentes valores de corrente de polarização e $V_g=0V$.

Neste trabalho o coeficiente de determinação R^2 [5] foi usado para avaliar a linearidade do sensor. Este coeficiente está relacionado com o melhor ajuste de uma reta aos pontos simulados.

Na Tabela 1 são apresentados os valores de sensibilidade (S) e o coeficiente R^2 extraídos para diversos valores de tensão de porta e corrente de polarização.

Pode-se notar que a sensibilidade não foi afetada pela mudança da tensão de porta no intervalo simulado.

Com R^2 podemos analisar a linearidade das curvas aferidas. Podemos perceber com isso que variando a tensão de porta, a linearidade se mantém praticamente constante.

Tabela 1 – Sensibilidade e coeficiente R^2 extraídos com diferentes correntes e tensões de porta.

I_d [A]	V_g [V]	S [mV/K]	R^2 [-]
100 n	-1	-1,11	0,99710
	0	-1,12	0,99639
	1	-1,11	0,99615
10 n	-1	-1,33	0,99791
	0	-1,33	0,99905
	1	-1,33	0,99905
1 n	-1	-1,53	0,99892
	0	-1,54	0,99870
	1	-1,54	0,99845
100 p	-1	-1,73	0,99865
	0	-1,73	0,99876
	1	-1,74	0,99799

4. Conclusões

Com base no que foi simulado e estudado até agora, aplicando-se a variação de tensão em um intervalo com valores de 1,0V a -1,0V na porta do diodo PIN, foi possível perceber que uma maior sensibilidade do diodo (S) é obtida quando são aplicadas correntes de menor valor. O mesmo foi observado com o diodo PIN sem porta. Também foi possível notar que não houve mudança na linearidade (R^2) das curvas aferidas, mostrando que o sistema permanece com uma boa linearidade mesmo variando a tensão na porta no intervalo estudado.

Como sequência do trabalho, serão aplicadas tensões de porta maiores (em módulo) no diodo, para verificar se há alteração na linearidade e sensibilidade do sensor.

5. Referências

- [1] Sedra, Adel S.; Smith, Kenneth C. Microeletrônica. São Paulo: Access Intelligence, 1995.
- [2] de Souza, Michelly; Rue, Bertrand; Flandre, Denis; Pavanello, Marcelo A. Thin-Film Lateral SOI PIN Diodes for Thermal Sensing Reaching the Cryogenic Regime. Journal Integrated Circuits and Systems, Vol 5, no. 2, p. 160-167 (2010).
- [3] Pereira, Guilherme N; de Souza, Michelly. Simulação e Análise de Sensores de Temperatura com Diodos Laterais PIN SOI com a Configuração PTAT. VII Simpósio de Iniciação Científica, Didática e de Ações Sociais da FEI (2017).
- [4] ATLAS User's Manual, SILVACO, 2011.
- [5] Nagelkerke, N. J. D., Biometrika, v. 78, pp. 691-692, 1991.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pelo espaço e equipamentos disponibilizados que contribuíram para a realização das simulações feitas até o estado atual do projeto.

Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 03/18 a 02/19.