

# UTILIZAÇÃO DE TRANSISTORES FD SOI COMO SENSORES DE TEMPERATURA

Giullia Ziza Jeronymo<sup>1</sup>, Michelly de Souza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenharia de Robôs, Centro Universitário FEI

<sup>2</sup> Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI

giulliazj@gmail.com, michelly@fei.edu.br

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho de transistores SOIMOSFET de camada fina para utilização como sensores de temperatura. Para isso foram realizadas medidas da corrente de dreno em função da tensão de porta, em altas temperaturas em diferentes transistores. Foi possível observar que, mantendo-se o nível de corrente constante, a tensão de porta do transistor varia de forma linear e inversamente proporcional à temperatura. Foram extraídos resultados para diferentes valores de corrente, que mostraram que a sensibilidade torna-se maior com a redução da corrente.

## 1. Introdução

Os MOSFETs são atualmente os dispositivos mais utilizados na eletrônica, mas parte da lâmina de silício não é usada, provocando alguns efeitos parasitas. Estes problemas podem ser diminuídos, com a tecnologia Silício-sobre-Isolante (SOI) que constitui em uma fina camada de silício isolada do substrato por uma camada de isolante, deixando a parte ativa separada. Sua representação esquemática pode ser vista na Figura 1.

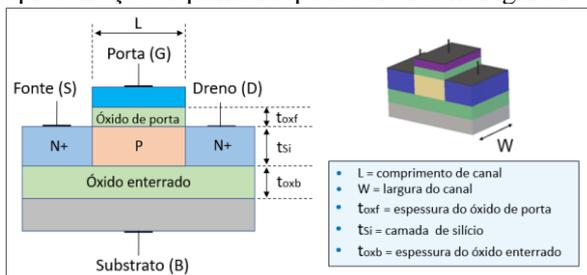


Figura 1 – Representação do dispositivo SOI.

Além disso, o dispositivo SOI apresenta vantagens em alta temperatura, já que a corrente de fuga é menor quando comparado com o MOS convencional. Dessa forma, para a realização deste trabalho foi analisado o comportamento de transistores SOI MOSFET submetidos a diferentes temperaturas, possibilitando a visualização da dependência da corrente de dreno com a temperatura, e da influência do comprimento de canal sobre o funcionamento dos sensores.

## 2. Metodologia

Para a realização do trabalho foram utilizados transistores nMOS fabricados na Université Catholique de Louvain, Bélgica, com comprimento de canal variando entre 0,75 e 5µm e largura de  $W=20\mu\text{m}$ . Esses transistores foram submetidos a temperaturas que variaram de 300 a 500K, possibilitando a obtenção de diversas curvas que relacionam a corrente de dreno, tensão de porta, temperatura e sensibilidade ( $|dV_G/dT|$ ). Para a obtenção das medidas experimentais e realização das curvas citadas, foram utilizados equipamentos

disponíveis no Laboratório de Microeletrônica da FEI: analisador de parâmetros Keithley 4200 SCS e micro-refrigerador modelo K20 da MMR Technologies.

## 3. Resultados

As curvas da corrente de dreno em função da tensão de porta permitiram a análise do comportamento dos transistores com a influência da temperatura. A Figura 2 apresenta as curvas  $I_D \times V_G$  com  $V_D=50\text{mV}$ , medidas para um transistor com  $L=2\mu\text{m}$  em diferentes temperaturas, em escala logarítmica. Na figura é possível visualizar que, para determinado comprimento de canal, na região de saturação, a corrente diminui com o aumento da temperatura. Entretanto, na região de sublimiar, o aumento da temperatura promove um aumento da corrente para um dado valor de tensão de porta, devido ao aumento da inclinação de sublimiar.

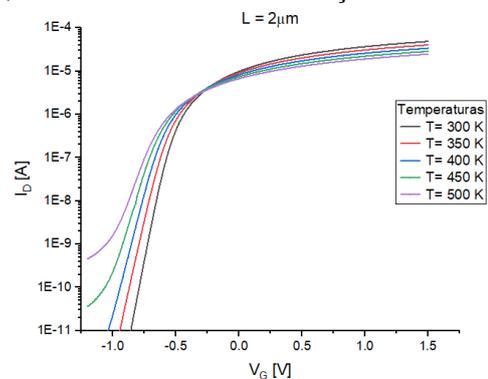


Figura 2 – Gráfico de  $I_D \times V_G$  na escala log com  $V_D$  de 50mV.

Outro parâmetro que apresenta linearidade em relação à temperatura é a tensão de limiar ( $V_t$ ), que corresponde à mínima tensão  $V_{GS}$  necessária para que o canal seja capaz de conduzir corrente. Portanto  $V_t$  também diminui com o aumento da temperatura.

Com a redução da temperatura a quantidade de portadores e a vibração da rede cristalina diminuem, aumentando a mobilidade e consequentemente a energia dos portadores. Da mesma forma, o aumento da temperatura provoca a redução da mobilidade de portadores, e consequentemente a redução da corrente de dreno [3], o que explica a relação inversamente proporcional entre corrente e temperatura vista na Figura 2. Além disso, com a equação (1) é possível observar que a corrente de dreno é diretamente influenciada pela tensão de porta [1].

$$I_D = k_n' * (W/L) * [(V_{GS} - V_t) * V_{DS} - (1/2) * V_{DS}^2] \quad (1)$$

A partir das curvas  $I_D \times V_G$ , foram extraídos os valores de  $V_G$  para  $I_D=100\text{nA}$ , para transistores com diferentes comprimentos de canal. Os resultados são

apresentados na Figura 3, que mostra a relação entre  $V_G$  e  $T$  para transistores com  $L$  variando de  $0,75$  a  $5\mu\text{m}$ .

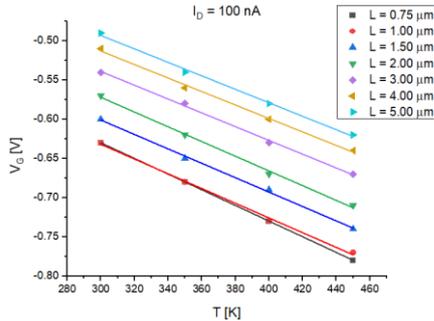


Figura 3 – Gráfico de  $V_G$  x  $T$ , para  $I_D = 100\text{nA}$  e  $V_D = 50\text{mV}$ .

Com os dados obtidos foi possível perceber a linearidade dos resultados, e a relação inversa entre a tensão de porta e a temperatura. Também é perceptível a influência de  $L$ : quanto maior o comprimento, maior a tensão. O gráfico da Figura 4 apresenta os resultados da tensão de porta em função da temperatura, obtidos quando foi mantido um comprimento de canal fixo ( $L = 2\mu\text{m}$ ) e a corrente de polarização foi variada.

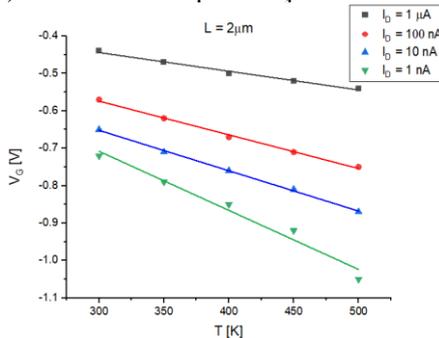


Figura 4 – Gráfico de  $V_G$  x  $T$ , para  $L = 2\mu\text{m}$  e  $V_D = 50\text{mV}$ .

Com as retas obtidas através do ajuste linear dos pontos mostrados na Figura 4, pode-se notar que a inclinação das retas aumenta com a diminuição da corrente. Essa inclinação pode ser vista também no gráfico da Figura 5, onde as curvas traçadas mostram a relação da inclinação das retas obtidas a partir dos gráficos de  $V_G$  x  $T$ , em função de  $I_D$ , variando  $L$ .

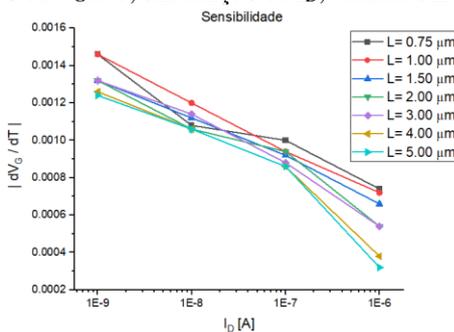


Figura 5 – Gráfico da sensibilidade em função da corrente  $I_D$ .

O gráfico da Figura 5, mostra a relação entre a inclinação e a corrente, para diferentes valores de  $L$ . Os valores correspondentes à inclinação das curvas indicam a sensibilidade dos transistores em relação a  $T$ : quanto maior a inclinação, mais sensível à temperatura é o transistor quando funcionando como um sensor. Na Figura 6 são apresentadas as curvas da sensibilidade em

função de  $L$  para diferentes valores de corrente de polarização. Com os gráficos das Figuras 5 e 6 é possível observar que a sensibilidade é inversamente proporcional à corrente e ao comprimento de canal.

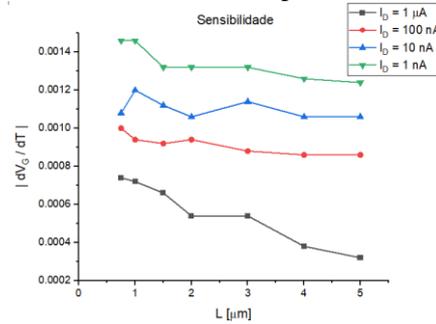


Figura 6 – Gráfico da sensibilidade em função de  $L$ .

O coeficiente  $R^2$  indica a proximidade de uma curva a uma reta, variando de 0 a 1. Portanto, quanto mais próximo de 1, mais linear é a curva. Na tabela I pode-se observar os valores de  $R^2$  obtidos através do ajuste linear das curvas de  $V_G$  x  $T$ , variando  $I_D$  e  $L$ . É possível visualizar que todos os valores foram próximos de 1, o que reforça a tendência linear observada nos gráficos de  $V_G$  x  $T$ . Nota-se que para o maior valor de corrente medido, houve uma redução da linearidade, observada principalmente para maiores comprimentos de canal.

Tabela I – Linearidade obtida com o ajuste das curvas  $V_G$  x  $T$ .

L ( $\mu\text{m}$ )	$I_D$ (A)			
	1 $\mu\text{A}$	100 nA	1E-8	1E-9
0.75	0.99564	1	0.99184	0.99888
1	0.99692	0.99729	1	0.99707
1.5	0.99452	0.99811	0.99873	0.99908
2	0.99184	0.99729	0.99787	0.99908
3	0.99184	0.99794	0.99816	0.99908
4	0.96267	0.99677	0.99787	0.99849
5	0.91429	0.99677	0.99787	0.99585

#### 4. Conclusões

A partir das medições realizadas, foram traçados diferentes gráficos, que possibilitaram a visualização da influência da temperatura no transistor. Desse forma, foi observado que, na região de saturação, a tensão de porta é inversamente proporcional à temperatura, e que ao utilizar o transistor como sensor de temperatura, a sensibilidade será maior com a corrente de dreno e o comprimento de canal menores.

#### 5. Referências

[1] A. S. Sedra; K.C. Smith. Microeletrônica. Pearson, 5ª. edição, 2004.  
 [2] M. A. Pavanello; J. A. Martino. Projeto, Fabricação e Caracterização Elétrica de uma Nova Estrutura para o SOI MOSFET. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.  
 [3] M. de Souza; M. A. Pavanello. Modelagem, simulação e fabricação de circuitos analógicos com transistores SOI convencionais e de canal gradual operando em temperaturas criogênicas. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.  
<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 10/2021 a 09/2022.