

OBTENÇÃO DAS PROPRIEDADES ELÉTRICAS DE TRANSISTORES DE MÚLTIPLAS PORTAS SOB EFEITO DE TENSÃO MECÂNICA

Cynthia Catani¹, Marcelo Antonio Pavanello²

^{1,2} Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário da FEI
cynthia.catani@yahoo.com.br; pavanello@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho tem como objetivo o estudo comparativo da operação de transistores de múltiplas portas, com e sem tensionamento mecânico na região do canal, a partir de medidas experimentais realizadas em FinFETs com diferentes larguras de canal. E assim estudar o efeito da variação da tensão mecânica sobre as propriedades elétricas dos transistores fabricados no Interuniversity Microelectronics Center – IMEC, Bélgica.

1. Introdução

O avanço nos estudos na eletrônica está cada vez mais presente, atualmente é concentrado esforços nos grupos de transistores com estruturas FinFETs (Figura 1), sendo que apresentam um processo de fabricação mais simples, chip com escala menor, mais performáticos e melhores desempenhos elétricos. Cada vez mais tendem a desenvolver chips de alta performance e com as distâncias menores entre os terminais dos transistores que são características que os FinFETs já estão apresentando.

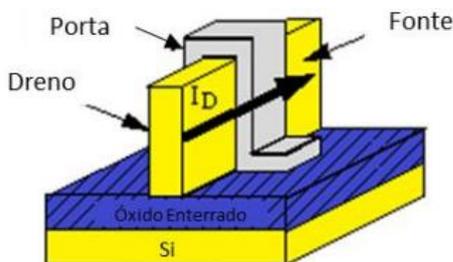


Figura 1 – Estrutura FinFET.

Os FinFETs, se diferenciam dos demais transistores por apresentar óxido de porta mais espesso no topo do canal, também conhecido como transistores verticais de porta tripla ou 3D, que apresentam óxido de porta no topo do canal com a mesma espessura das laterais, possibilitando assim a condução de corrente na região do topo.

Nas estruturas dos FinFETs (Figura 1), as regiões de dreno, canal e fonte são construídas em uma aleta (Fin), no qual apresenta uma camada espessa de óxido na região do topo da aleta e torna-se desprezível a influência da porta superior na região do canal do dispositivo. [1] Os FinFETs estudados são construídos sobre lâmina SOI.

Foi buscado comparar o comportamento dos transistores sem e com tensionamento mecânico. É esperado dos transistores sem o tensionamento mecânico uma camada de substrato espessa, devido ao

relaxamento da rede cristalina no dispositivo, nos transistores com tensionamento mecânico a tendência é de aumentar a mobilidade dos portadores, gerada pela força mecânica que reduz a massa efetiva de condução e melhorando as características do dispositivo.

Podemos analisar nos transistores a influência da tensão mecânica na transcondutância, que está ligada à mobilidade, na tensão de limiar e inclinação sublimiar.

A aplicação de tensão mecânica vem sendo utilizada para aumentar a mobilidade dos portadores e da corrente de dreno; essa técnica acaba aumentando a rugosidade de superfície. A tensão mecânica aplicada pode ser tensora (nMOS – aumentará a mobilidade dos elétrons) ou compressiva (pMOS). [2] Ao se aplicar uma tensão mecânica em um material, há uma mudança em sua resistência elétrica, essa mudança é causada por alterações nas dimensões e na resistividade.

2. Metodologia

Para o desenvolvimento do projeto na primeira etapa foi realizado estudos bibliográficos de transistores, aprofundando na evolução de cada estrutura, modo de fabricação e propriedades elétricas. Na segunda etapa foram realizadas medidas experimentais utilizando equipamentos específicos no laboratório de Microeletrônica do Centro Universitário da FEI, sendo utilizado o Microprovador Cascade e Keithley 4200SCS para a obtenção das curvas correspondentes de cada chip sem e com tensionamento mecânico nos transistores de múltiplas portas.

3. Resultados

Após os estudos bibliográficos na primeira etapa do projeto, na segunda etapa foram obtidas as curvas características da Corrente de Dreno em função da Tensão de Porta (Figura 2) e obtivemos as respostas desejadas para os chips que apresentaram pleno funcionamento durante as medições.

Os FinFETs medidos foram fabricados com altura de 55 nm, com 100 nm de espessura do silício policristalino, 1,5 nm de espessura do óxido de porta, 150 nm de óxido enterrado, 15 nm de espessura da camada de silício.

Tabela I – W_{fin} correspondente à posição no chip

Posição	W _{fin}	Posição	W _{fin}
H2T6	20	H3T2	70
H2T7	30	H3T3	100
H2T8	40	H3T4	120
H3T1	50	H3T6	570

Foram realizadas as medidas para diferentes posições no chip (Tabela I) e realizado as mesmas medições para os chips sem e com tensionamento mecânico, porém o comportamento das curvas V_{Gate} vs I_{Drain} foi sempre semelhante (Figura 2) em comparação da propriedade aplicada.

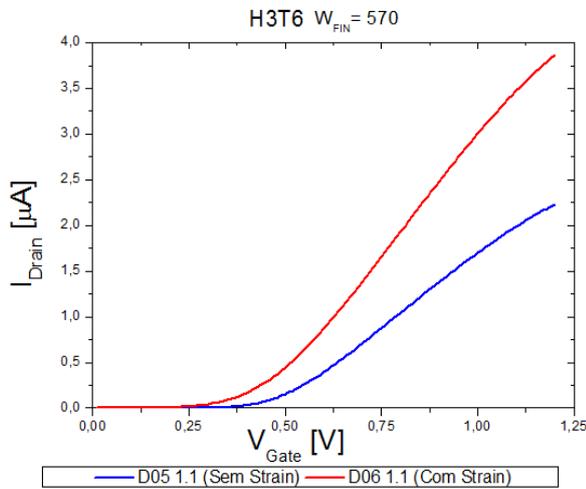


Figura 2 – Curva I_{Drain} vs V_{Gate} de um transistor nos chips sem e com tensionamento mecânico.

Outro dado importante é a Transcondutância que apresenta o quão eficaz é o controle da corrente entre o dreno e a fonte pela tensão aplicada entre a porta e a fonte. Para tanto, se resume na seguinte equação (1).

$$gm = (dI_{Ds})/(dV_{Gs}) \quad (1)$$

Foi possível obter a curva I_{Drain} vs V_{Gate} (Figura 3) de diferentes transistores que possuem diferentes W_{fin} através das medidas experimentais.

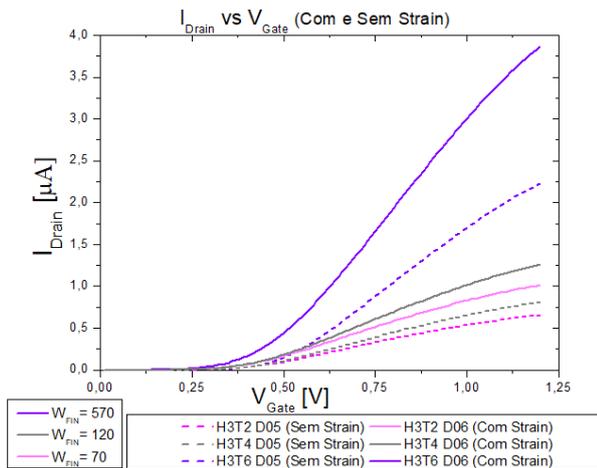


Figura 3 – Curva I_{Drain} vs V_{Gate} para transistor sem e com tensionamento mecânico.

A partir da curva (Figura 3) é possível obter a Transcondutância nos transistores sem e com tensão mecânica (Figura 4). Sendo possível observar a transcondutância máxima entre o chip tensionado e o não tensionado.

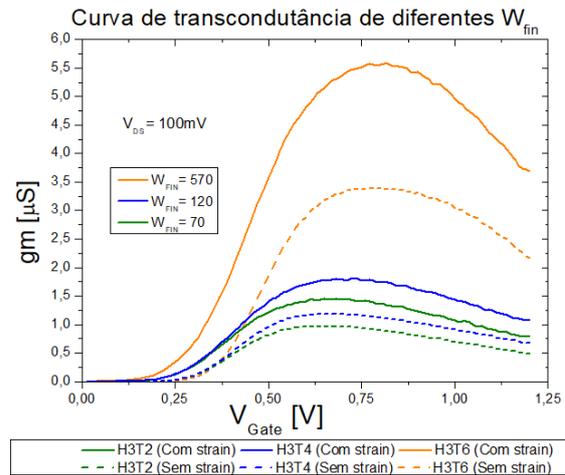


Figura 4 – Curva da transcondutância de diferentes W_{fin} em transistores sem e com tensionamento mecânico.

4. Conclusões

A partir dos gráficos obtidos e dos estudos da teoria nas referências bibliográficas [1][2], quando se tem um transistor com a aplicação de tensão mecânica sempre apresenta um I_D maior do que o transistor sem tensão mecânica, porém o I_{Ds} é associado ao aumento de mobilidade e depende diretamente da largura do transistor independente se há ou não tensionamento mecânico. E também a tensão na porta dos transistores com tensão mecânica aplicada é perceptível em um nível menor. O V_{TH} e gm é maior nos casos com tensionamento mecânico. Sendo assim, concluo que os transistores FinFETs apresentam maior mobilidade com o tensionamento mecânico e conforme o W_{fin} aumenta, a corrente no dreno também aumenta, ou seja, a mobilidade é maior.

5. Referências

- [1] A.S. Sedra, K.C. Smith, Microeletrônica, 5. Ed.
- [2] R. Doria, “Efeito da tensão Mecânica em Transistores de Múltiplas Portas Operando em Temperaturas Criogênicas”, Centro Universitário da FEI, 2010.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário da FEI pela realização das medidas e empréstimo de equipamentos. Ao orientador por todo conhecimento e apoio durante a realização do projeto.

¹ Aluna de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 08/18 a 07/19.