

УДК: 612.117.5

ISSN 1729-4428 (Print)
ISSN 2309-8589 (Online)

Т.Г. Бенько

Проектування КНІ-транзисторів з врахуванням впливу плаваючого тіла і керованої бази

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна,
taras.benko@pnu.edu.ua

В роботі запропоновано альтернативну технологію яка використовує зміну тіла транзистора, за допомогою чого більша зміна забезпечує збільшений струм пристрою під час перемикання, тоді як нахил зменшує потік витоку під час зберігання. Тіло, що робить вплив на методи поліпшило роботу, особливо в низькому діапазоні напруг.

Розроблено технологію, яка може використовуватися, щоб вирішити низьковольтну операцію, без будь-якої втрати в швидкості, або збільшення джерела витоку. Альтернативно це може використовуватися, щоб прискорити роботу схеми без будь-якого збільшення витрат енергії. Запропонована структура починається з МОНПТ з п-затвором, який особливо привабливий і широко використовується з технологією підкладки КНІ. На відміну від звичайного, прив'язаного витоком типу розташування, стиль розташування п-затвору використовує полікремнієві розширення затвору, паралельні, з обох боків каналу, щоб створити ізолюваний контакт між поверхнями елементів.

Ключові слова: МОН-транзистор, КНІ, плаваюче тіло, підканальна область, сигнал.

Подано до редакції 09.12.2024; прийнято до друку 12.06.2025.

Вступ

На даний час бурхливий розвиток електроніки викликає появу нових технологій створення та проектування КНІ-транзисторів. Процес виготовлення КНІ-МОН транзисторів з плаваючим тілом починається із створення активних областей в кремнієвому шарі пристрою, який кінець кінцем міститиме витік, стік та затвор транзистора [1-3]. Ці активні області створені видаленням надлишкового кремнію через процес, що фотолітографується, який служить щоб ізолювати індивідуальні активні області одну від одної. Порожнеча в шарі пристрою, створеному процесом фотолітографії, заповнюється діоксидом кремнію, щоб відновити плоску поверхню на підкладці.

Запропонована структура починається з МОН-транзистора з п-затвором, який особливо привабливий, широко використовується з технологією підкладки КНІ. На відміну від звичайного, прив'язаного витоком типу розташування, стиль розташування п-затвору використовує полікремнієві розширення затвору, паралельні, з обох боків каналу,

щоб створити ізолювані контакти між поверхнями елементів. Використовуючи ці контакти, незалежний нахил тіла може бути застосований на індивідуальні пристрої в частково збідненій схемі КНІ [4-5].

В цілому аналіз літературних джерел та стану проблеми показав актуальність даної тематики та необхідність подальших науково-прикладних досліджень для вдосконалення проектування КНІ МОН- транзисторів з плаваючим тілом.

І. Властивості та підходи до проектування КНІ МОН-транзисторів з плаваючим тілом

Для пристроїв КНІ тіло кожного пристрою незалежно починаючи з основного оксидного шару, області стоку ефективно ізолюють суміжні області тіла транзистора один від одного. Тому, щоб управляти напругою тіла транзистора потрібно зв'язатися на індивідуальній основі. Тоді як безпека

дефектів не присутня, щоб ліквідувати дефекти від МОНПТ, щоб напруга тіла може підвищуватися, змінивши особливості пристрою.

Щоб отримати однорідні особливості пристрою, спеціальна увага має бути звернена на дефекти тіла. Загальна робота полягає в тому, щоб пов'язати тіло з вихідною стороною транзистора, використовуючи P+ впровадження поряд з N+ джерело [6]. Тоді як n+/p+ з'єднання типово формувало б діод, подальший крок, використовується, щоб зменшити опір затвору. Впровадження обох сторін каналу також переміщує канал транзистора всередину від кремнієвого активного краю – рухомий вихідний витік, провідні доріжки далеко від кремнієвого краю перешкоджають тому, щоб ефекти краю транзистора впливали на роботу пристрою. Ширина транзистора визначена, оскільки відстань між вихідним зв'язком упроваджує на кожному кінці каналу.

Проект транзистора з незалежним контактом між поверхнями елементів зображений на рисунку 1. На відміну від прив'язаного джерелом проекту, сегмент полікремнію поміщений між джерелом, зв'язками тіла, щоб перешкоджати тому, щоб силіцид зв'язав з'єднання. Це створює діод між джерелом та тілом, і зберігає тіло як незалежний вузол з нахилом, незалежним від вихідної напруги. Для цього проекту, якщо тіло залишають незв'язаним, нахил тіла плаватиме як функція стоку [7]. Це може змусити особливості транзистора змінитися.

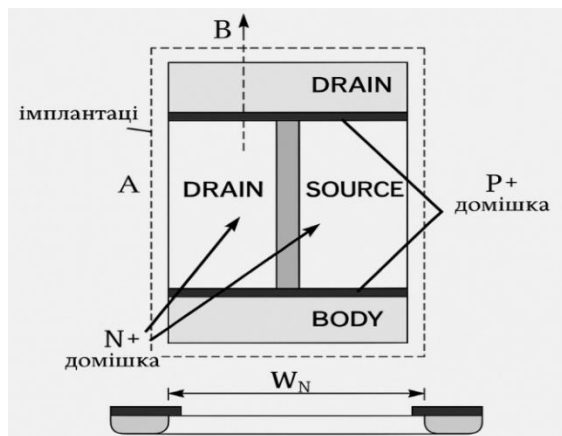


Рис. 1. КНІ МОНПТ з незалежним контактом між поверхнями елементів.

Альтернативно, конструктор може безпосередньо зв'язати з тілом активні області, щоб зробити вплив на

ці вузли незалежно. В цьому випадку, ширина транзистора визначена, оскільки відстань між багатокремнієвими сегментами мала зазвичай ізолювати контакти між поверхнями елементів. В порівнянні з прив'язаним джерелом розташування, ширина ефективно зменшена однією довжиною затвору, оскільки полікремній блокує частину вихідного впровадження.

II. Результати моделювання КНІ МОН-транзисторів з плаваючим тілом

Щоб характеризувати дію зміщення тіла на індивідуальних пристроях, досліджувались багато типів пристроїв. Це ущільнює все ж ефективний набір пристроїв, може використовуватися, щоб перевірити існуючі моделі, особливо при низьких напругах, за змінних умов зміщення, дії виборів проекту на роботі.

Зв'язані стоком пристрої включені із змінами через ширину (у межах від 10мкм до 2.4 мкм), довжина (від 1.20 мкм до 0.50 мкм), щоб визначити електричну ширину, довжину (WEFE, LEFF відповідно) для процесу. Для пристроїв з незалежним контактом між поверхнями елементів LEFF буде подібний до з'єданого з джерелом, але WEFF буде різною, оскільки інші фізичні особливості визначають WEFF. Для незалежних пристроїв контакту між поверхнями елементів інший набір змінних транзисторів ширини (10 мкм до 2.4 мкм) був розвинений, щоб досліджувати WEFF транзистори показують з полікремнієвою ізоляцією контакту між поверхнями елементів [8].

Мікрофотографії транзистора зображені на рисунку 2.

Електричні результати, аналіз показують в рисунках 3 до 5. Показ рисунків 3, 5 реєструє результати ID-vgs для номінального n-МОН, пристроїв p-МОН - транзисторів.

Особливості BAX дають багато параметрів транзисторів. Особливо цікаві ті, які впливають на фізичний проект пристрою, його використання в певних ключових дослідженнях, призначених в цьому проекті. Серед цього пристрою такі параметри, як ефективна довжина затвору, ефективна ширина каналу.

Ефективна довжина затвору - електрична довжина затвору, яка може змінюватися від певної довжини через поширення з'єднань нижче затвору, змін в концентраціях домішки, змін в процесі фотолітографії

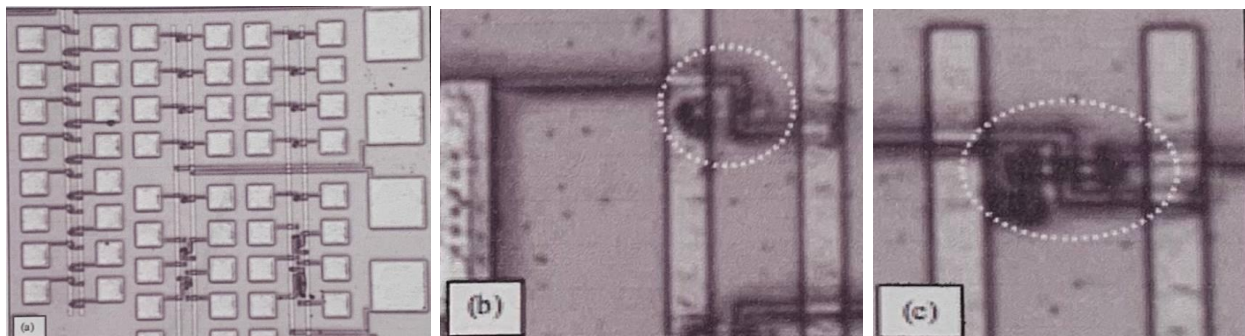


Рис. 2. Мікрофотографії (а) для перевірки транзисторів та його структури, (б) МОН ПТ з прив'язаним джерелом контакту між поверхнями елементів, (с) незалежним контактом між поверхнями елементів.

на рівні затвору.

Відмінність між аналітичними, електричними вимірами для довжини, ширини можна отримати з характеристики опору, провідності проти ширини, довжини. Повний опір ряду - включаючи дослідження, контакти, опір з'єднань - 85Ω . Як показано в рисунку 5, криві сходяться в -0.4 мкм , так налагоджений бути 0.4 мкм , електрична ширина трохи більша чим відтягнута ширина. Оскільки фактична ширина пристрою визначена індивідуальними кроками легування, визначеними з окремими фотолітографськими процесами, ймовірно, що взаємодія між $n +$ впровадження, що формує ширину виток, $p +$ ширина, що формує зв'язок тіла, могло привести до зміни в ширині пристрою від номінальної цінності.

Наприклад, концентрація з'єднання, глибина, так само як некоаксиальність між літографічними кроками, можуть впливати на ширину.

Відхилення від аналітичних вимірів пристрою можуть впливати на транзистор, що вимірює, оскільки електричне представлення погашення від номінала.

III. Обговорення результатів та перспективи розвитку методу

Таким чином, детально розглянувши технологію створення КНІ – МОН транзисторів з керованою базою приходимо до висновку, що транзисторні структури на основі КНІ показують високі технологічні характеристики при відносно простоті виробництва.

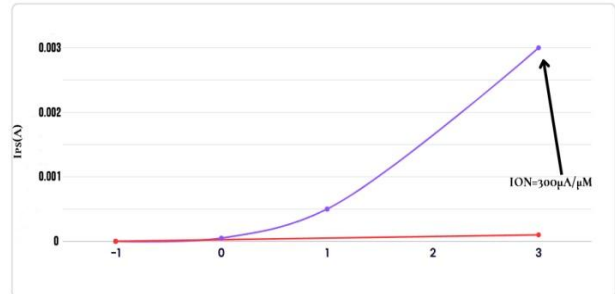
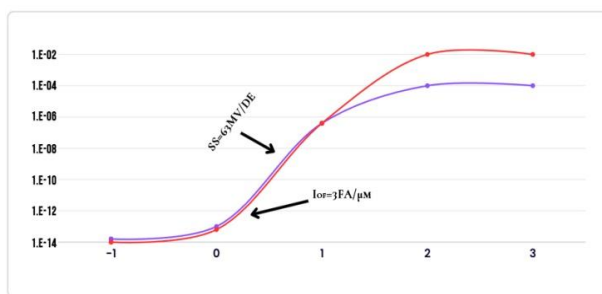
Розглянуто технологію виготовлення КНІ-підкладок, дана технологія є прикладом технологічно складних підкладок, призначених в основному для підвищення швидкодії транзисторів. Дана технологія в провідних фірмах світу стає все більше відпрацьованою, дозволяє створення частково чи повністю збіднених транзисторів з високою швидкістю, з меншими струмами втрат та потужністю споживання.

Особливу увагу звернено на проектування КНІ - транзисторів з врахуванням впливу плаваючого тіла і керованої бази. Також було охарактеризовано властивості КНІ – МОН транзисторів з плаваючим тілом і підходи до їх проектування. Отже, запропоновані структури на основі КНІ і виготовлені на них МОН-транзистори з керованою базою це еволюційний крок розвитку виробництва схем та приладів мікросистемної техніки.

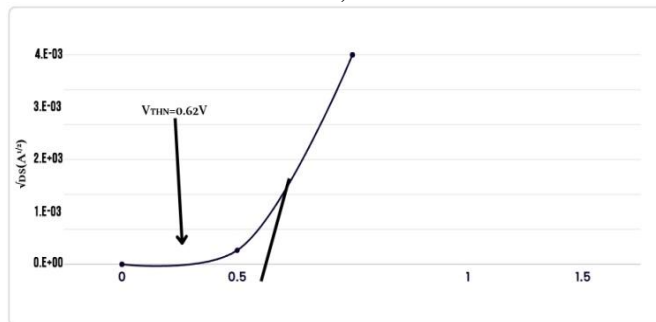
Таблиця 1.

Короткий огляд транзисторних структур для випробування.

Заміна ширини, витік підключений і незалежна під канална область		Заміна довжини, тільки підключений витік	
W (нм)	L (нм)	W (нм)	L (нм)
W=10 нм	L=0,5 нм	W=10 нм	L=0,5 нм
W=5 нм			L=0,6 нм
W=4 нм			L=0,8 нм
W=3 нм			L=1,2 нм



а)



б)

Рис. 3. Особливості входної напруги КНІ МОН транзистора, $W/L = 10\text{ мкм}/0.5\text{ мкм}$. (а) для $V_{DS} = 0.05\text{ В}, 3\text{ В}$. (б) V_T на виході $V_{DS} - V_{GS}$ до V_{DS} .

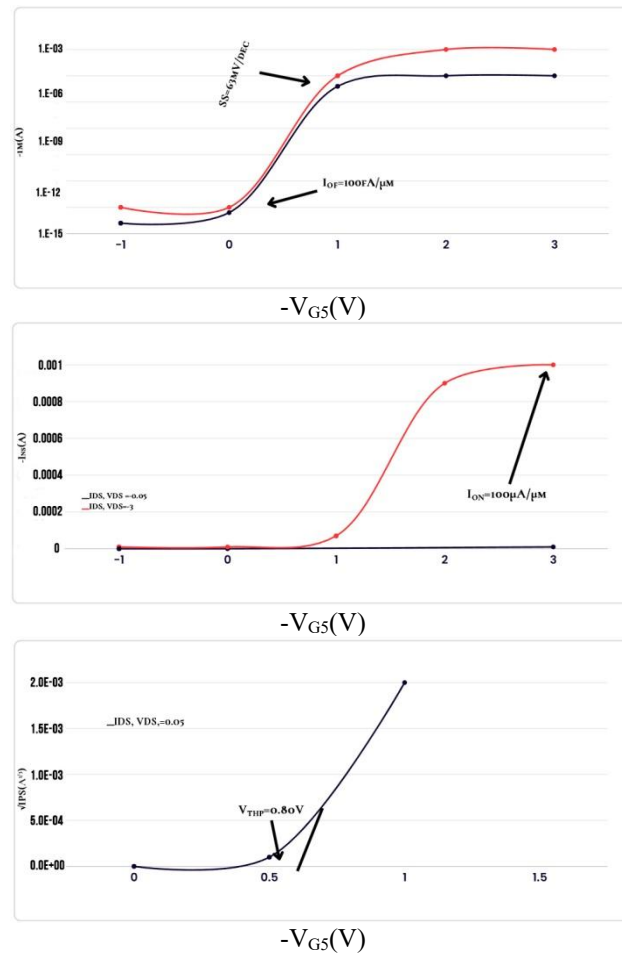


Рис. 4. Особливості входної напруги КНІ МОН транзистора, $WL=10\text{мкм}/0.5\text{мкм}$ (а) для $V_{DS}=0.05V, 3V$. (б) V_T на виході $V_{DS}-V_{GS}$ до V_{DS} .

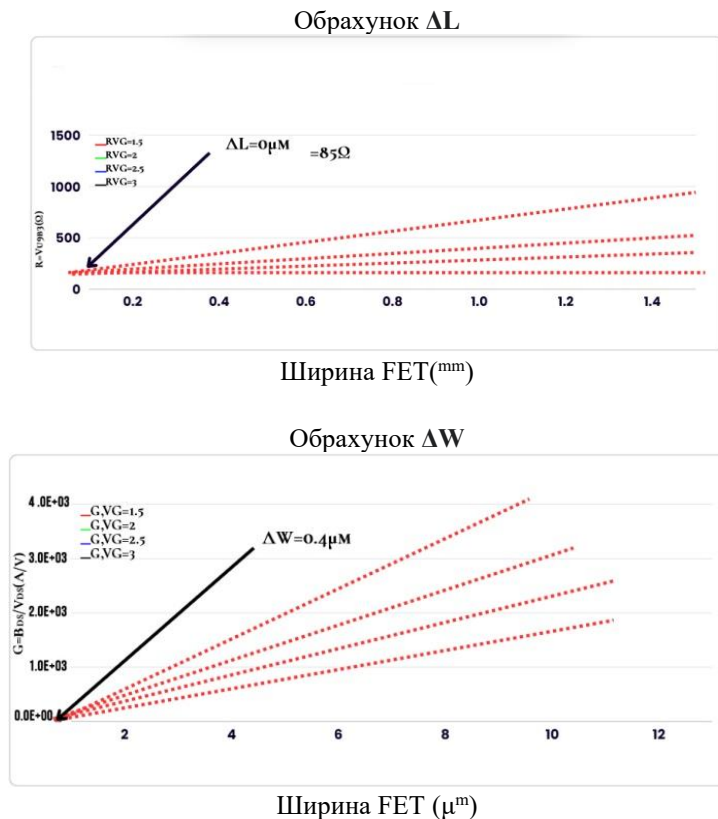


Рис. 5. Параметри транзистора із залежностями ВАХ. (а) Функція довжини транзистора, (б) функція ширини транзистора.

Висновки

Проаналізовано існуючі принципи і методи проектування КНІ-транзисторів з врахуванням плаваючого тіла і керованої бази, показано шляхи їх вдосконалення для підвищення ефективності та розширення кількості отримуваних параметрів даною технологією.

Була розроблена технологія, яка використовує зміну тіла транзистора, за допомогою чого більша зміна забезпечує збільшений струм пристрою під час перемикання, тоді як нахил зменшує потік витоку під час зберігання.

Запропоновано використання транзисторів з незалежними контактами між поверхнями елементів дозволяє конструктору змінювати роботу пристрою

для даних затворів. Якщо тіло залишають незв'язаним, ухил тіла плаватиме як функція стоку. Це може змусити особливості транзистора змінитися. Альтернативно, конструктор може безпосередньо зв'язати з тілом активні області, щоб зробити вплив на ці вузли незалежно. В цьому випадку, ширина транзистора визначена, оскільки відстань між багатокремнієвими сегментами мала зазвичай ізолювати контакти між поверхнями елементів. В порівнянні з прив'язаним джерелом розташування ширина ефективно зменшена однією довжиною затвору, оскільки полікремній блокує частину вихідного впровадження.

Бенько Т.Г. – Ph.D., асистент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки.

- [1] D. Goldman, *DRAM Technology Incorporating Sub-Volt Dynamic Threshold Devices for Embedded Mixed-Signal*. IEEE Intl SOI Conference: 97 (2001).
- [2] C.F. Edwards. *A Multibit Delta-Sigma Modulator in Floating-Body SOS/SOI CMOS for Extreme Radiation Environments*. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 34, 937 (1999).
- [3] K. Rohrmann, M. Sandner, P. Meier, M. Prochaska, *A novel magnetoresistive wheel speed sensor with low temperature drift and high stray field immunity*, 2018 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference: Discovering New Horizons in Instrumentation and Measurement (IEEE, Houston, 1 (2018); <https://doi.org/10.1109/I2MTC.2018.8409840>).
- [4] A. Druzhinin, I. Ostrovskii, Yu. Khoverko, K. Rogacki, I. Kogut, V. Golota, *Nanoscale polysilicon in sensors of physical values at cryogenic temperatures*, Journal of Materials Science: Materials in Electronics 29(10), 8364 (2018); <https://doi.org/10.1007/s10854-018-8847-0>.
- [5] S. Kim. *Long-term Power Minimization of Dual-VT CMOS Circuits*. IEEE Intl ASIC/SOC Conference:125, (2002).
- [6] A.J.Bhavnagarwala. *Dynamic-Threshold CMOS SRAM Cells for Fast, Portable Applications*. IEEE Intl ASIC/SOC Conference: 359 (2000).
- [7] K. Han, H. Kim, J. Kim, D. You, H. Heo et al., *A 24.88 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ Wheatstone Bridge Readout Integrated Circuit with Chopper-Stabilized Multipath Operational Amplifier*, Applied Sciences 10(1), 399 (2020); <https://doi.org/10.3390/app10010399>.
- [8] O. López-Lapeña, E. Serrano-Finetti, Oscar Casas, *Low-Power Direct Resistive Sensor-to-Microcontroller Interfaces*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 65(1), 222 (2016); <https://doi.org/10.1109/TIM.2015.2479105>.
- [9] K. Elangovan, C. Sreekanth Anoop, *Simple and Efficient Relaxation-Oscillator-Based Digital Techniques for Resistive Sensors — Design and Performance Evaluation*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 69(9), 6070 (2020); <https://doi.org/10.1109/TIM.2020.2972048>.

T.G. Benko

Design of SOI transistors taking into account the influence of a floating body and a controlled base

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine, taras.benko@pnu.edu.ua

The paper proposes an alternative technology that uses a transistor body modification, whereby a larger modification provides increased device current during switching, while the slope reduces leakage current during storage. The body influencing methods improved performance, especially in the low voltage range.

A technology has been developed that can be used to address low voltage operation without any loss in speed or increase in source leakage. Alternatively, it can be used to speed up the operation of the circuit without any increase in power consumption. The proposed structure starts with an n-gate MOSFB, which is particularly attractive and widely used with SOI substrate technology. Unlike the conventional, source-bound layout style, the n-gate layout style uses polysilicon gate extensions, parallel, on both sides of the channel, to create an isolated contact between the element surfaces.

Keywords: MOS transistor, SOI, floating body, subchannel region, signal.