

# Моделювання базового елемента операційного підсилювача на основі матричної комірки для аналітичних мікросистем-на-кристалі

В. В. Довгий, І. Т. Когут, В. І. Голота  
кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,  
Івано-Франківськ, Україна. E-mail: igorkohut2202@gmail.com

## Simulation of operational amplifier basic element based on matrix cell for analytical microsystem-on-chip

V. Dovhij, I. Kogut, V. Holota  
Department of Computer Engineering and Electronics  
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,  
Ivano-Frankivsk, Ukraine. E-mail: igorkohut2202@gmail.com

**Анотація**— В роботі наведено результати проектування топології та схемо-топологічного моделювання базових інтегральних елементів операційного підсилювача на основі стандартної об'ємної КМОН технології та КМОН-технології зі структурами «кремій-на-ізоляторі». Такі елементи можуть бути використані як регулярні матричні елементи для створення схем аналогової обробки сигналів в інтегральних схемах та первинної обробки інформації в аналітичних мікросистемах-на-кристалі.

**Abstract**— In this paper the results of layouts design and circuit-topological computer simulation of operational amplifier basic element based on standard bulk CMOS technology and CMOS technology with the "silicon-on-insulator" structures are presented. These elements can be used as a regular matrix elements for analog signal processing circuits in integrated circuits and initial processing of information of analytical microsystem-on-chip.

**Ключові слова**— *аналітична мікросистема-на-кристалі, операційний підсилювач, базова матрична комірка, структура «кремій-на-ізоляторі»*

**Keywords**— *analytical microsystem-on-chip, operational amplifier, basic matrix cell, structures "silicon-on-insulator"*

### I. ВСТУП

Для аналізу характеристик нових інтегральних елементів та інших об'єктів з мікро- і нанометровими розмірами, в тому числі з некремнієвими технологіями, що можуть бути інтегровані в кремнієву, зокрема в технологію на основі структур КНІ, а також для

опрацювання первинної інформації про фізичні величини для сенсорної електроніки, як інструментарій, можуть бути використані уніфіковані аналітичні мікросистеми-на-кристалі [1, 7]. Перевагою такого аналізу є мінімізація паразитного впливу зондових елементів та провідників. Архітектура аналітичних мікросистем-на-кристалі передбачає наявність «технологічної площадки» для інтеграції на ній досліджуваних об'єктів, схем перетворення інформації від них та інтерфейсних зв'язків із зовнішніми вимірвальними або комп'ютеризованими пристроями.

### II. МОДЕЛЮВАННЯ БАЗОВОГО ЕЛЕМЕНТА ОПЕРАЦІЙНОГО ПІДСИЛЮВАЧА ЗІ СТРУКТУРАМИ «КРЕМНІЙ-НА-ІЗОЛЯТОР»

Для первинної аналогової обробки сигналів одним із базових елементів є інтегральний операційний підсилювач (ОП), який використовується для виокремлення та підсилення корисних сигналів, які можуть бути співрозмірними із шумовими сигналами. Такий елемент являє собою схему порівняння двох сигналів та підсилення різниці їх напруг. При цьому коефіцієнт послаблення синфазних сигналів є досить великим. Схема електрична принципова базового елемента ОП в інтегральному виконанні зображена на рис. 1, [2].

У цій схемі р-канальні транзистори VT1 і VT2 утворюють дзеркало струму для реалізації активного навантаження ОП, а n-канальні транзистори VT3 та VT4 утворюють диференційну пару, і спроектовані за узгодженими конструктивно-технологічними

параметрами. При подачі синфазного сигналу на входи IN1 та IN2, в одному з транзисторів відбувається збільшення струму, а в іншому – зменшення на однакову величину, що приводить до відсутності сигналу на виході.

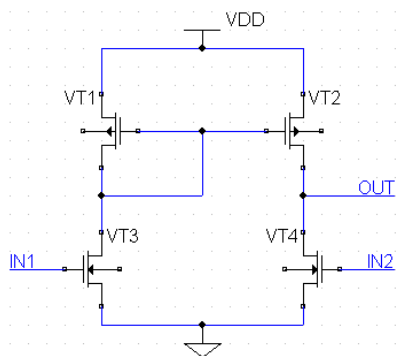


Рис. 1. Електрична схема інтегрального операційного підсилювача

Спроекована топологія базового елемента диференційного підсилювача на основі матричної комірки згідно схеми рис. 1, зображено на рис. 2. Було розроблено і досліджено два варіанти топологій: з використанням стандартної КМОН-технології на основі об'ємного кремнію; на основі КНІ КМОН – технології [3-5].

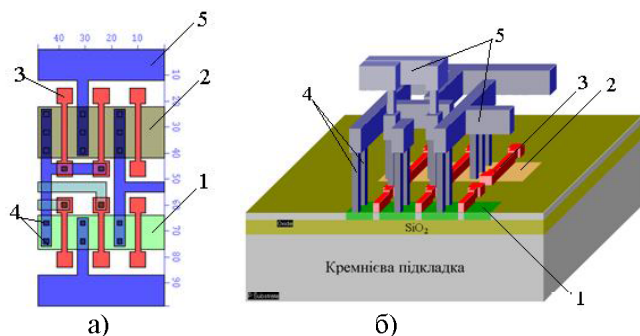


Рис. 2. Топологія а) та об'ємне зображення б) інтегрального ОП на основі базової матричної комірки зі структурою «кремній-на-ізоляторі»: 1- стік-витоків області n-каналних транзисторів; 2 – стік-витоків області p-каналних транзисторів; 3 – полікремнієві затвори; 4 – контактні вікна; 5 – шари металізації

Порівняльні результати схемо-топологічного моделювання базового елемента ОП безпосередньо із топологій, спроектованих на основі структур за стандартною об'ємною КМОН-технологією та на основі КМОН КНІ-структур, наведено на рис. 3. Моделювання проводили при напрузі живлення 1,5 В, вхідний сигнал IN1 являв собою змінний сигнал частотою 0,167 МГц, часом наростання та спадання 1 нс, тривалістю імпульсу

2 нс та амплітудою 0,04 В а IN2 – постійний сигнал з амплітудою 0,7 В.

Для оптимізації площі та покращення електричних і фізичних характеристик операційних підсилювачів для матричних застосувань в аналітичних мікросистемах-на-кристалі було проведено оцінку можливостей їх створення на основі тривимірних транзисторних КНІ-структур по аналогії їх побудови, як для тривимірних логічних елементів [6].

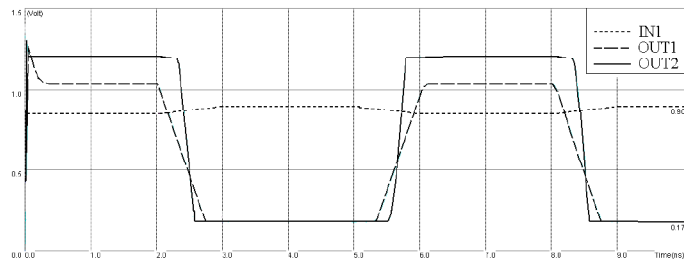


Рис. 3. Результати схемо-топологічного моделювання ОП: 1 – вхідний сигнал IN1; OUT1 – вихідний сигнал ОП, спроектованого за об'ємною КМОН технологією; OUT2 – вихідний сигнал ОП зі структурою КНІ

### ВИСНОВКИ

Результати схемо-топологічного моделювання базового елемента ОП показують, що вихідні сигнали для схеми зі структурами КНІ порівняно з об'ємними КМОН мають суттєво кращу в середньому на 30% крутизну фронтів та більший коефіцієнт підсилення, завдяки чому вихідний сигнал має рівень амплітуди на 20% вищий. Такі параметри дозволять значно зменшити споживану потужність під час перехідних процесів (менша тривалість фронтів імпульсів), і як наслідок, підвищити ступінь інтеграції елементів в аналітичній мікросистемі-на-кристалі. Окрім цього, реалізація ОП на основі КНІ-структур дозволить розширити температурний діапазон використання.

### ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] І.Т. Когут, А.О.Дружинін, В.І. Голота, В.В. Довгий. Елементи аналітичних мікросистем-на-кристалі на основі тривимірних КНІ-структур. / Збірник тез 5-гої української наук. конференції з фізики напівпровідників, м. Ужгород, Україна 9-15 жовтня 2011 р.-ст.190.
- [2] <http://www.penzar.com/topspice/topspice.htm>
- [3] Патент України на корисну модель №62994. МПК G01B 7/16(2006.01), G01L 9/14(2006.01) Комірка базового матричного кристала /Дружинін А.О., Когут І.Т., Голота В.І., Ховерко Ю.М., Довгий В.В., Вуйцик А.М. Опубл. 26.09.2011, бюл. №18/2011.
- [4] Kogut I. T., Dovhij V. V. (2011). Layouts features of SOI CMOS gate matrix arrays /Materials of ICTTFN–XIII, International conference, Physics and technology of thin films and nanosystems, Ivano-Frankivsk, Ukraine, 16-21.05.2011.vol.2, p.275.
- [5] <http://www.microwind.org>
- [6] Kogut I. T. The device-technological simulation of local 3D SOI-structures / I.T. Kogut, V.I. Holota, A.A. Druzhinin, V.V. Dovhij // “Journal of Nano Research”. – Switzerland, 2015 – Vol. 39 – P. 228-234.