

І.Т. Когут¹, А.О. Дружинін², В.І. Голота¹

Прикарпатський національний університет,

¹кафедра радіофізики і електроніки,

Національний університет “Львівська політехніка”,

² кафедра напівпровідникової електроніки

АРХІТЕКТУРА Й ЕЛЕМЕНТИ ІНТЕГРОВАНОЇ МІКРОСИСТЕМИ НА БАЗОВОМУ МАТРИЧНОМУ КРИСТАЛІ З КНІ-СТРУКТУРОЮ

© Когут І.Т., Дружинін А.О., Голота В.І., 2009

I.T. Kogut, A.O. Druzhinin, V.I. Holota

ARCHITECTURE AND ELEMENTS OF INTEGRATED MICROSYSTEM ON THE SPECIALIZED BASE MATRIX CHIP WITH THE SILICON-ON-INSULATOR STRUCTURE

© Kogut I.T., Druzhinin A.A., Holota V.I., 2009

Запропоновано архітектуру спеціалізованого базового матричного кристала (БМК) зі структурою “кремній-на-ізоляторі” (КНІ) для побудови сенсорних мікросистем з монолітною інтеграцією чутливих елементів і схем обробки інформації. Розроблено набори бібліотечних елементів для побудови цифрових та аналогових схем оброблення інформації, уніфіковано чутливі елементи, конструктивно-технологічну основу для проектування сенсорних мікросистем з локальними планарними і тривимірними структурами “кремній-на-ізоляторі” (КНІ).

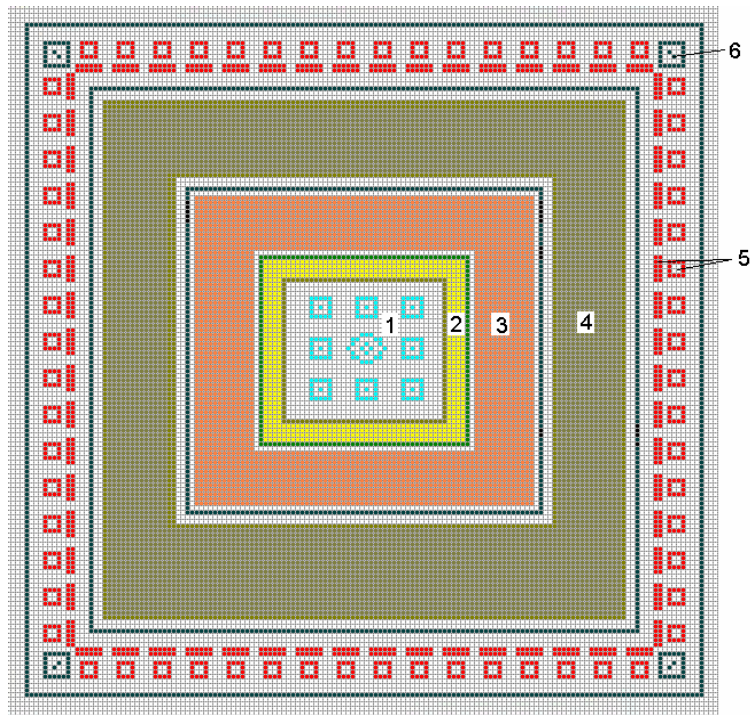
In this paper the architecture of the specialized base matrix chip (BMC) on the silicon-on-insulator (SOI) structures for creation a sensory microsystem with monolithic integration of sensitive elements and data procesing elements are propoused. The library elements for development of digital, analog circuits and standartized sensetive elements as well as the structural and technological base for sensory microsystem design on the local planar and 3D SOI-structures is created.

Вступ

Під час створення інтегрованих мікросистем-на-кристалі, зокрема сенсорних, які об'єднують на одному або декількох кристалах приладні елементи мікроелектроніки, оптики, мікроелектроніки та інших суміжних науково-прикладних областей, актуальними є проблеми як гібридної, так і монолітної інтеграції чутливих елементів зі схемами обробки та перетворення первинної інформації на одному кристалі, уніфіковані підходи та елементна база для створення багатофункціональних сенсорних мікросистем, обробки інформації, проектування та виготовлення їх у стислі терміни, перехід на нові технології і матеріали для розширення інженерних можливостей конструювання та розширення сфер застосування, зокрема для екстремальних умов експлуатації, включаючи створення можливостей обробки інформації безпосередньо в умовах її отримання. На розв'язання цих завдань і була спрямована ця робота.

Архітектура базового матричного кристала для мікросистемного використання

Для часткового розв'язання таких завдань розроблено спеціалізований, а саме – для побудови інтегрованих мікросистем базовий матричний кристал (БМК) на основі комплементарних метал-окисел-напівпровідник (КМОН-структур) з конструктивно-технологічною базою кремній-на-ізоляторі (КНІ). Загальну архітектуру кристала показано на рис. 1.



*Рис. 1. Архітектура спеціалізованого КНІ КМОН БМК для інтегрованих мікросистем:
 1 – чутливі сенсорні елементи; 2 – інтегральні радіокомпоненти і з’єднання; 3 – бібліотечні аналогові елементи; 4 – бібліотечні цифрові елементи; 5 – буферні каскади і контактні площадки; 6 – тестові елементи, знаки суміщення і технологічного контролю*

БМК містить декілька рівнів базових елементів, топологічно розташованих від центра кристала до периферії. В центральній частині кристала розташовані сенсорні елементи на основі уніфікованих чутливих елементів (ЧЕ) ємнісно-резистивного типу, монолітно інтегрованих зі схемою первинного перетворення інформації і частотним виходом інформаційного сигналу. Окрім того чутливі елементи мають регульовану чутливість. По периметру ЧЕ розташовані інтегральні радіокомпоненти (інтегральні набори бібліотечних резисторних і конденсаторних елементів, індуктивностей) і ліній зв’язку, реалізованих в шарах КНІ-структури, затворного полікремнію і шарів металізації.

Наступними рівнями, які також топологічно розташовані по периметру попередніх, є аналогові, цифрові бібліотечні елементи і буферні вхідні/вихідні формувачі сигналів із зовнішніми контактними площадками для монтажу кристала в корпус, а також тестові елементи технологічного контролю зі знаками суміщення та пошаровими ноніусними шкалами їх контролю.

Частини матриці БМК для аналогових і цифрових елементів мають окремі, розв’язані між собою шини в шарах металізації, – “аналогова” і “цифрова земля”, живлення аналогових і цифрових схем.

Постійними шарами для усіх типів елементів БМК є шари, які утворюють КНІ-структури і шар затворного полікремнію, а програмованими – два шари металізації, шар контактів і шар з’єднань між першим та другим шарами металізації. Шари металізації мають постійні шини “живлення” і “землі”, і топологічно-змінні для реалізації розробником конкретного виконання необхідних схем цифрової та аналогової обробки інформації і з’єднань із чутливими елементами [1].

Така архітектура БМК може бути використана для побудови мікросистем як з монолітною, так і гібридною інтеграцією інших кристалів з окремими чутливими елементами, або окремих кристалів, які містять частини чутливих елементів і утворюють їх в сукупності із базовим кристалом. Наприклад, частина ємнісного чутливого елемента у вигляді мембрани або рухомого елемента акселерометра формується на одному кристалі, а його доповнювальна частина, інтегрована зі схемою обробки первинної інформації на основному БМК.

Запропонована мікросистема на КНІ КМОН БМК з використовуватиметься для чутливих елементів з малою ємнісною навантажувальною здатністю, коли традиційне під'єднання стандартних схем обробки, елементів друкованих плат і провідників становитимуть ємнісні навантаження, що істотно перевищують навантажувальну здатність чутливих елементів.

Окрім того, таку систему можна використовувати як інструментарій для дослідження характеристик і параметрів приладних елементів, які можна створювати на пасивуючій окисній плівці, сформованій над областю чутливих елементів в центрі кристала за іншою, некремніевою технологією виготовлення, наприклад, із плівок CdTe, для яких є невідпрацьовані інтегральні технології виготовлення приладних структур. При цьому схеми обробки і виводу первинної інформації будуть реалізовані на аналогових і цифрових бібліотечних елементах БМК.

Конструктивно-технологічна база інтегрованої мікросистеми й структури приладних елементів

Традиційно для створення елементів інтегральних схем зі структурою КНІ використовують суцільні по всій поверхні пластини КНІ-плівки, які виготовлять за технологіями (SIMOX, ELTRAN, SmartCut, Unibond) [2]. Проте з точки зору конструювання елементної бази сенсорних мікросистем на кристалі істотно кращі можливості відкриваються з використанням вихідних тривимірних КНІ-архітектур.

Конструктивно-технологічною базою для проектування елементів сенсорної мікросистеми на кристалі є розроблені технології формування локальних тривимірних, локальних планарних КНІ-структур, а також об'ємний кремній. У результаті проведеного комп'ютерного моделювання технології локальних тривимірних КНІ-структур отримані режими і параметри процесів їх виготовлення з використанням базових промислових КМОН-технологічних процесів: фотолітографії, селективного плазмохімічного ізотропного та анізотропного травлень, маскування, локального окислення, створення під поверхнею пластини герметизованих мікропорожнин і каналів. Базова приладна КНІ МОН-структура, яку формують в результаті запропонованої технології, зображена на рис. 2 [4].

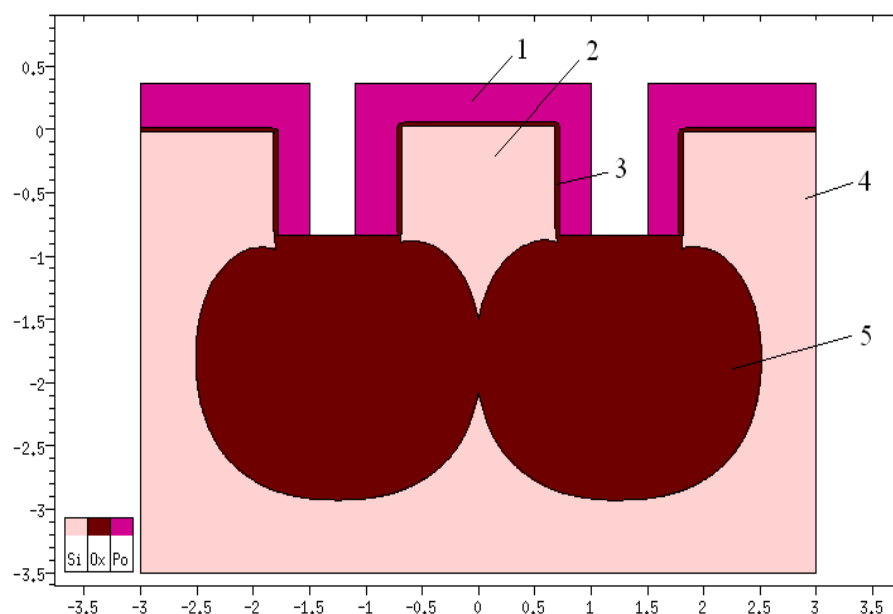


Рис. 2. Локальна тривимірна МОН-транзисторна КНІ-структура:

1 – полікремнієвий затвор; 2 – локальна тривимірна КНІ-структура, яка утворює каналну область транзистора; 3 – підзатворний діелектрик; 4 – кремнієва пластинка КДБ-40 з кристалографічною орієнтацією поверхні (100); 5 – області локального термічно-окисленого кремнію

На основі цієї базової технології розроблені і досліджені характеристики елементів приладних структур для використання у спеціалізованому (БМК), зокрема, автоемісійні кремнієві мікрокатоди зі схемами керування на основі КНІ МОН-транзисторів [3], діоди Шоттки та ключовий елемент на їх основі з тривимірною архітектурою [5], тривимірні контакти до стік – витокових областей КНІ МОН-транзисторів та міжшарових з'єднань [6], чутливий елемент акселерометра, технологія формування герметизованих мікропорожнин та каналів під поверхню пластини, яка є сумісною та інтегрується із базовою.

На рис. 3 зображені фінішні операції результатів моделювання розробленої технології формування герметизованих мікропорожнин під поверхню кремнієвої пластини з використанням нітридних п'єдесталів для осаджуваних плівок (а) і на основі окислення вертикальних стінок і поверхні порожнин (б). Запропоновані технології формування герметизованих мікропорожнин відкривають можливості створення на їх основі елементів оптоелектроніки, інтегральних резонаторів, елементів мікролаборій-на-кристалі.

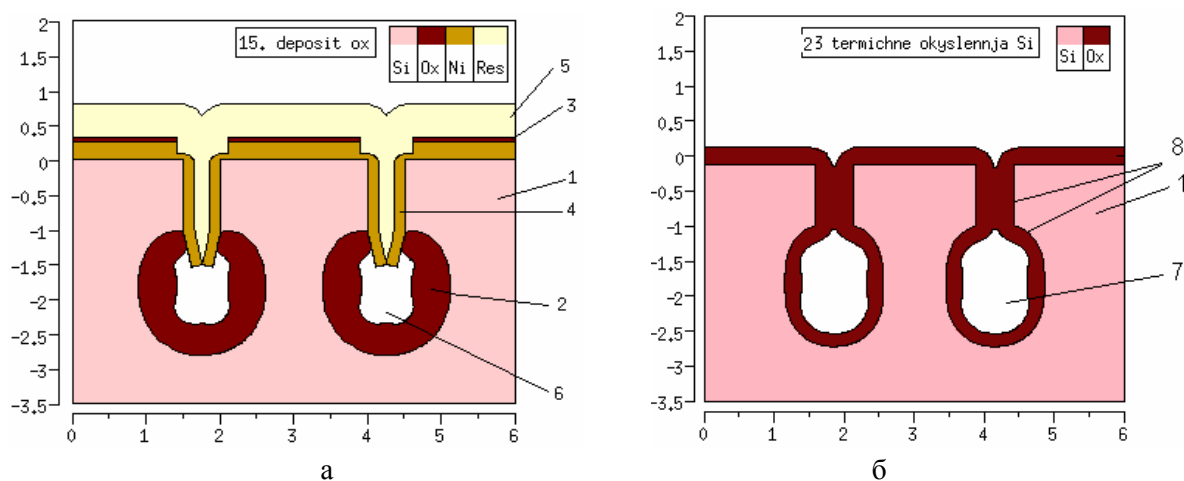


Рис. 3. Поперечні перетини герметизованих мікропорожнин під поверхню кремнієвої пластини: 1 – кремнієва пластинка КДБ-40 з кристалографічною орієнтацією поверхні (100); 2 – локально вирощений термічний окисел кремнію на поверхні порожнини; 3 – осаджений піролітичний окисел на поверхню кремнієвої пластини і щілини; 4 – плівка нітриду кремнію після повторного осадження сумарною товщиною 0,25 мкм на поверхні пластини і 0,15 мкм – на вертикальних стінках щілин; 5 – осаджений шар полікремнію на поверхні кремнієвої пластини і щілини; 6, 7 – герметизована порожнина (або мікроканал) у кремнієвій пластині; 8 – термічний окисел на поверхнях щілини і порожнини

На рис. 4 показані результати приладно-технологічного моделювання тривимірних елементів діодів Шоттки і ключових елементів на їх основі. На вертикальних і горизонтальних шкалах вказані розміри у мікрометрах [5].

Такі структури мають достатньо прості конструкції, їх топологія є компактною, а при використанні як ключових елементів, електрод 3 виконує функцію, аналогічну до бази в біполярному транзисторі. Проте на відміну від нього його здатність накопичення носіїв в тілі бази порівняно із стандартним біполярним транзистором є набагато меншою, що істотно покращує часові характеристики перемикання [5].

Використовуючи базову технологію формування локальних тривимірних КНІ-структур за сумісними з нею технологіями можна створювати рухомі і нерухомі конструктивні елементи, наприклад, диференційні конденсатори, автоемісійні кремнієві мікрокатоди для високочутливих акселерометрів. Незначна зміна положення в межах десятих часток мікрометра, одного елемента акселерометра стосовно іншого викликає істотні зміни автоемісійного струму (рис. 5).

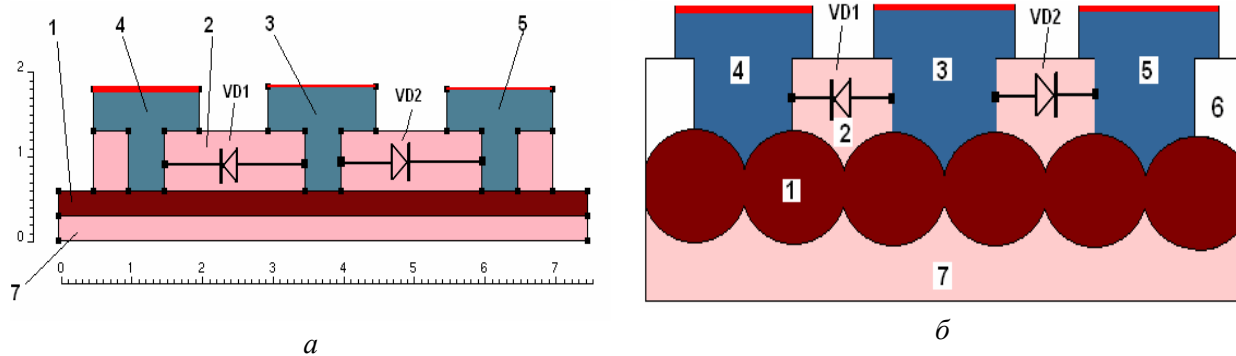


Рис. 4. Тривимірні КНІ-структури діодів Шотткі:

а – на основі локальних планарних; б – на основі локальних тривимірних;
 в – результати моделювання концентраційних профілів легуючої домішки для структури, зображеної на рис. 4, а: 1 – шар SiO₂ в КНІ-структурі; 2 – Si шар в КНІ-структурі; 3 – електрод, який утворює латеральний діод Шотткі з кремнієм КНІ-структури; 4, 5 – катоди діода Шотткі; 6 – ізолювальні області; 7 – кремнієва пластина

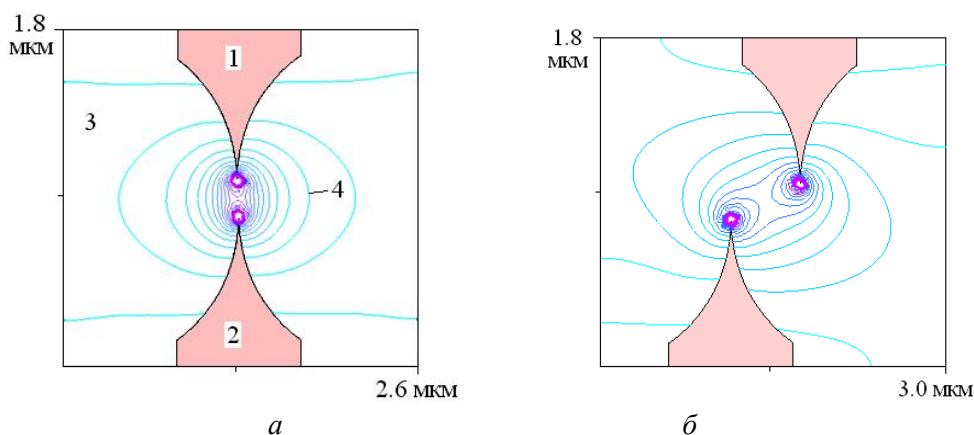
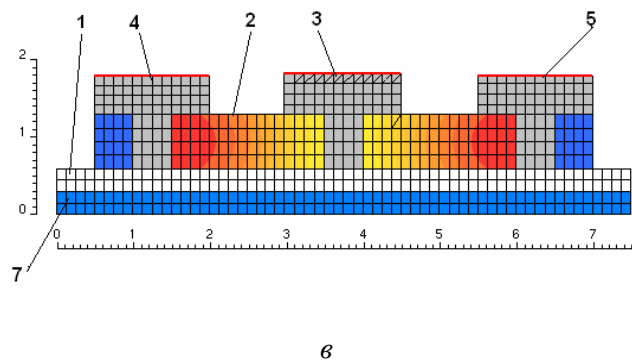


Рис. 5. Переріз високочутливого елемента інтегрального акселерометра:
 а – елемент; 1 – рухомий елемент, 2 – нерухомий елемент (підкладка);
 3 – вакуумна порожнина; 4 – лінії електричного поля; б – зміщений рухомий елемент

При зміщенні рухомого елемента зменшується напруженість електричного поля у вакуумній порожнині і струм автоемісії, який реєструється вимірювальним приладом. За різниці потенціалів 1000 В між елементами 1 і 2, радіуса кривизни вістря лезоподібного мікрокатода 5 нм, розраховані значення напруженості електричного поля, автоемісійного струму за заданих зміщеннях рухомого елемента наведені у таблиці.

Струм автоемісії під час зміщення рухомого елемента

Зміщення, мкм	Напруженість поля, В/см	Струм автоемісії, А
0	$4,7 \times 10^7$	$1,5 \times 10^{-6}$
0,2	$4,2 \times 10^7$	$3,2 \times 10^{-7}$
0,4	$3,8 \times 10^7$	$7,2 \times 10^{-8}$

Як бачимо з таблиці, при зміщенні в горизонтальній площині рухомого електрода 1 стосовно нерухомого електрода 2 на 0,2 мкм автоемісійний струм зменшується в 5 разів, що свідчить про високу чутливість такого типу пристрою. При розрахунках приймався тиск залишкових газів вакуумної порожнини 10^{-5} – 10^{-10} Па, радіус заокруглення вістрь кремнієвих електродів – 5 нм і їх легування фосфором з концентрацією 10^{19} см⁻³.

Конструктивно–технологічна і монолітна інтеграція цього типу емісійних мікрокатодів із негерметизованими мікропорожнинками відкриває додаткові можливості для створення перспективних іонних систем охолодження як для окремих приладних елементів, так і усього кристала.

Комп’ютерне моделювання технології формування КНІ МОН-транзисторів із заземленою підканальною областю і базова комірка БМК

Істотним недоліком частково-збіднених *n*-канальних КНІ МОН-транзисторів є наявність плаваючого заряду, який утворюється в результаті ударної генерації носіїв в області стоку транзистора за певних значень стокової напруги, накопичується в підканальній області і спричиняє стрибки струму на вихідних характеристиках (“кінк”-ефект). Усунути цей ефект можна, використовуючи повністю збіднені КНІ МОН-транзистори із надтонкими КНІ-плівками. Проте технологія їх отримання є достатньо складною і нестабільною. Альтернативним методом є використання заземленої, з’єднаної з підкладкою, підканальної області КНІ МОН-транзистора, яка запобігає накопиченню плаваючого заряду і усуває “кінк”-ефект. При цьому оптимальними конструкціями КНІ МОН-транзисторів є і такі, в яких з’єднання КНІ-плівки із підкладкою є одночасно і конструктивним, і технологічним елементом, наприклад, як зародок в технології отримання КНІ-структур методами мікрозонної лазерної рекристалізації.

Фінішні результати моделювання технології виготовлення КНІ МОН-транзистора із заземленою областю плаваючого просторового заряду із вихідною КНІ-пластиною (легування В: 1×10^{17} см⁻³, товщиною шару Si – 350 нм і товщиною шару SiO₂ – 400 нм), дози легування і розподіл концентрацій домішок показано на рис. 6.

Іншим недоліком частково-збіднених *n*-канальних КНІ МОН-транзисторів є нерівномірність порогових напруг і густини стокових струмів по ширині каналу транзистора. Особливо це стосується 3В КНІ МОН-транзисторів, де нерівномірності порогових напруг і густини стокових струмів відбуваються на кутових ділянках, як зображено на рис. 7, а. Для усунення цього недоліку розроблено 3В КНІ МОН-транзистор із затвором напівциліндричної форми, як показано на рис. 7, б. Така форма затвора формує рівномірний збіднений шар в канальній області транзистора.

Розроблена базова комірка БМК складається із діелектрично-ізованих 3-х *p*- і 3-х *n*-канальних та 1-го *p*- і 1-го *n*-канального КНІ МОН-транзисторів, які симетрично мультипліковані в полі матриці КНІ БМК. Така конфігурація і топологія дають змогу з високою ефективністю використовувати площу, проектувати як цифрові, так і аналогові схеми для обробки інформації від чутливих елементів. При цьому симетричність топології базової комірки БМК дає змогу досягти оптимальної узгодженості, що є важливою умовою проектування аналогових бібліотечних елементів. Така комірка є повністю придатною для топологічного проектування як цифрових, так і аналогових бібліотечних елементів і їх компактного тиражування в полі матриці БМК. Особливістю комірки є те, що її можна будувати за базовою топологією як для планарних, так і тривимірних КНІ-структур, при цьому з використанням локальних тривимірних структур можливе проектування за принципом “комірка в коміріці”, використовуючи тривимірні матричні або одиничні КНІ КМОН-транзисторні структури, що розширює можливості схемотехнічної реалізації елементів. Проектування топології БМК проведено згідно із розробленими нормами та правилами (рис. 8) і адаптованими до міжнародної системи MOSIS.

Параметр лямбда дорівнює половині роздільної здатності технології виготовлення. Особливістю топології кристала є те, що контакти до стік-витоків областей і затворів КНІ МОН-транзисторів здійснюють першим шаром контактних вікон і металізації, а другим шаром контактних вікон і другим

шаром металізації реалізують комутаційні з'єднання між шарами металізації. Створення контактів із другого шару металізації до стік- витокових областей транзисторів не допускається.

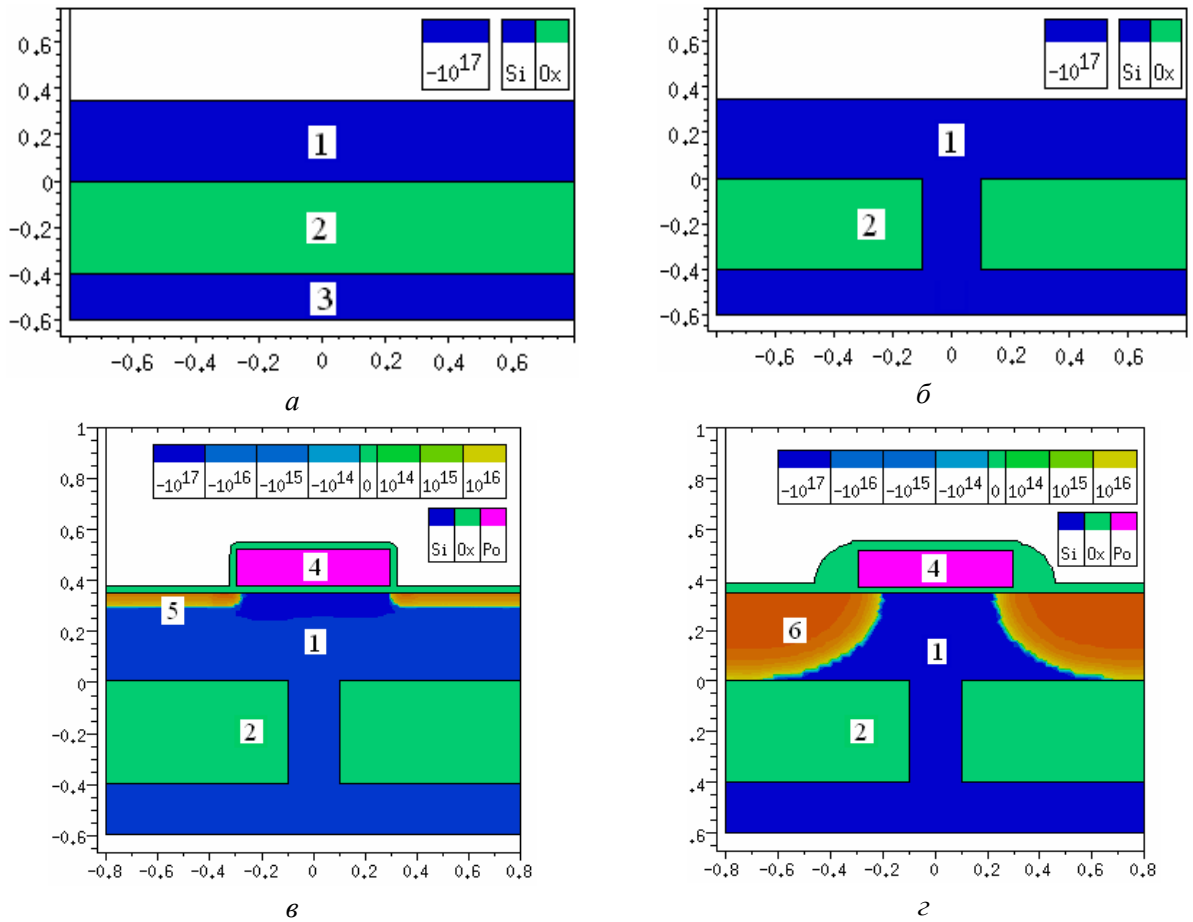


Рис. 6. Основні операції технології виготовлення КНІ МОН-транзистора

із заземленою областю плаваючого просторового заряду:

- а* – вихідна КНІ-пластина; *б* – контакт між КНІ-шаром і підкладкою; *в* – мілка імплантація і дифузія в області витоку і стоку; *г* – глибока імплантація і дифузія в області витоку і стоку;
- 1* – полікристалічний Si; *2* – заглиблений шар SiO₂; *3* – підкладка; *4* – полікремнієвий заслон;
- 5* – імплантація P: 1×10^{16} з енергією 5 KeV; *6* – імплантація P: 1×10^{16} з енергією 60 KeV

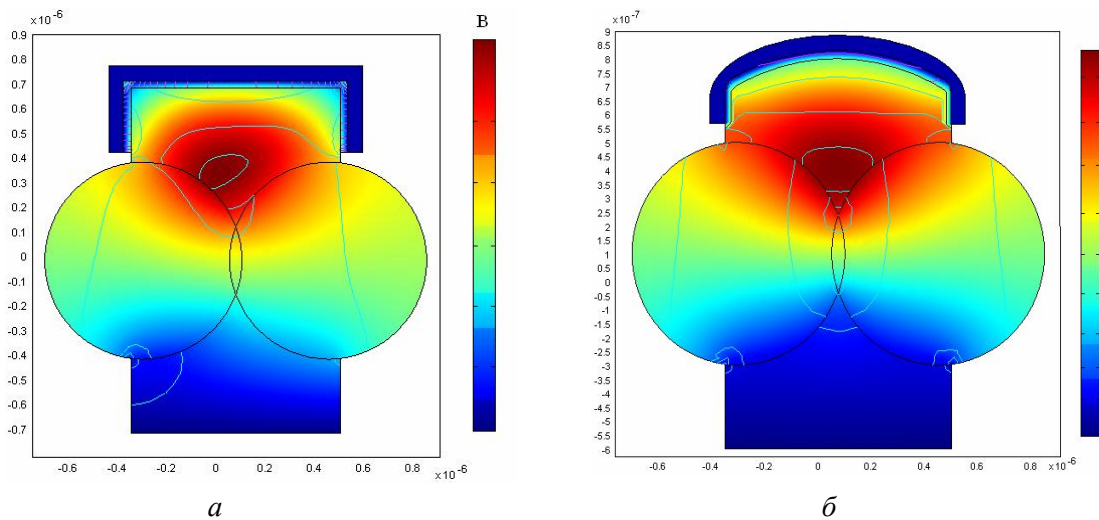


Рис. 7. КНІ МОН-транзистори із затворами різної форми

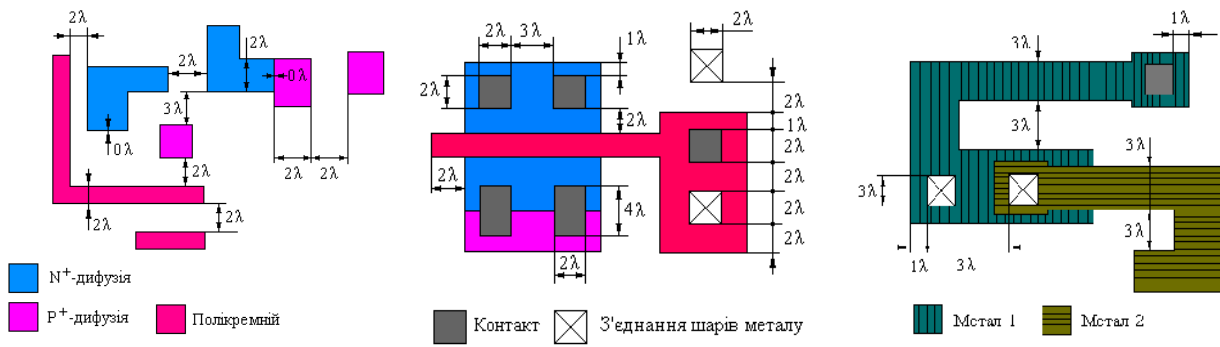


Рис. 8. Базові проектні норми і правила проектування топології КНІ КМООН БМК

За основу для розробки комірки спеціалізованого КНІ КМООН були вибрані типові комірки БМК зі стандартними КМООН-технологіями (рис. 9) і експериментального КНІ КМООН БМК [7] з електричною ізоляцією елементів між собою. Суть принципу електричної ізоляції полягає у підключенні затворів транзисторів, топологічно розташованих зліва і справа, і найближче розташованих до активних і задіяних в заданій схемі до шини живлення для p -канальних транзисторів і відповідно до земляної шини для n -канальних транзисторів. Такий тип ізоляції вимагає додаткової кількості транзисторів, і, як наслідок, додаткової площі на кристалі і не відзначається високою стабільністю, особливо для екстремальних умов експлуатації. Тому використання сенсорних мікросистем в таких умовах вимагає надійнішої ізоляції за максимальної густини розташування елементів на кристалі, а також розширення комутаційних можливостей. На рис. 6 зображено типову комірку КМООН БМК з електричною ізоляцією елементів і приклад реалізації на ній бібліотечного елемента “I-HE”, який містить 4 активні транзистори і 2 ізоляційні.

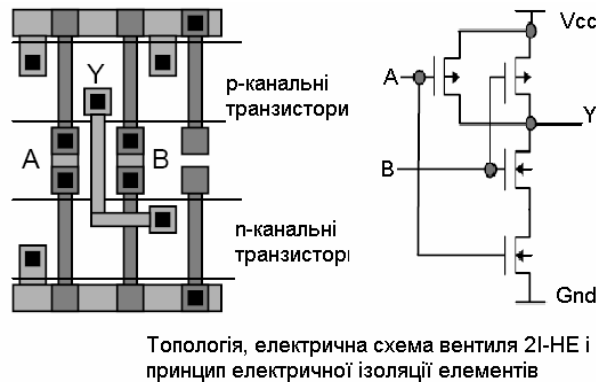


Рис. 9. Типова комірка БМК з електричною ізоляцією елементів з реалізованою на ній схемою бібліотечного елемента 2I-HE

У розробленій комірці використано діелектричну ізоляцію елементів, що робить її ефективнішою з погляду використання площі кристала, відкриваються додаткові можливості комутації за рахунок використання незадіяних транзисторних елементів для комутаційних шин і розводки замість ізоляційних. Результати моделювання бібліотечних елементів за високих температур показують кращі характеристики надійності і стабільності. На рис. 10, а зображено схематичну топологію розробленої комірки поля матриці КНІ КМООН БМК з діелектричною ізоляцією елементів і можливостей комутації, на рис. 10, б – приклади топологічної реалізації елементів ЗАБО-HE і інвертора, на рис. 10, в – їх електричні схеми.

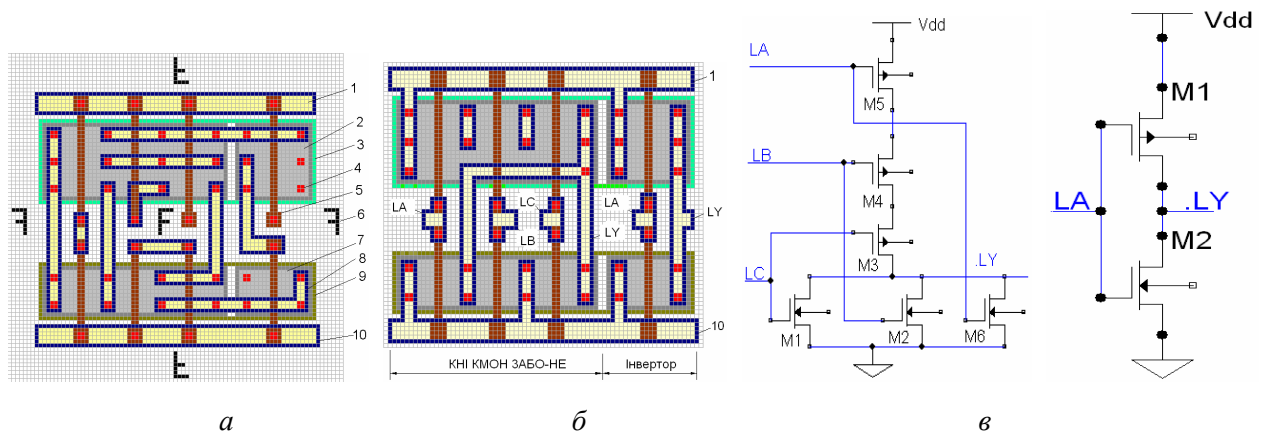


Рис. 10. Схематична топологія комірки БМК і можливості комутації елементів (а), топологія логічного елемента ЗАБО-НЕ та інвертора (б), і їх електричні схеми (в):

- 1 – шина живлення, 2 – стік-витоків області р-канальних КНІ-транзисторів; 3 – контур області легування р-канальних транзисторів (маска при легуванні областей n-типу); 4 – контакти до стік-витоків областей; 5 – полікремнієві затвори; 6 – елемент орієнтації при мультиплікуванні комірки в матрицю; 7 – стік-витоків області n-канальних транзисторів; 8 – металева шина; 9 – контур області легування n-канальних транзисторів (маска при легуванні областей р-типу); 10 – шина землі; LA, LB, LC – вхідні виводи; LY – вихідний вивід

Розроблена комірка є придатною для мультиплікування в матрицю БМК. Напрями орієнтації комірок за їх мультиплікування зображено положенням символу **F**. При мультиплікуванні комірок їх шини живлення і землі топологічно з'єднуються в шини живлення і землі матриці БМК. На основі цієї комірки розроблено бібліотеку базових логічних тригерних елементів, аналогових елементів та вхідних/вихідних буферних каскадів з оптимізованими структурами контактних площадок, які мають розвинені мікрорельєфні поверхні та зменшені паразитні ємності. Результати моделювання залежностей затримок перемикання розроблених елементів показують, що їх часові характеристики в середньому на 30–40 % є кращими порівняно з аналогічними елементами зі стандартними об'ємними КМОН-структурами з однаковими розмірами транзисторів.

Висновки

Запропоновано архітектуру, конструктивно-технологічну базу з локальними тривимірними КНІ-структурами і елементами на цій основі для побудови інтегрованих мікросистем на основі КМОН базового матричного кристала. Особливістю архітектури спеціалізованого КНІ КМОН БМК для мікросистемних використань на основі тривимірних КНІ-структур є те, що від центра до периферії послідовно розміщені сенсорні елементи, елементи зв'язку, аналогові елементи, цифрові елементи і вихідні формувачі сигналів. Розроблено і проведено комп'ютерне моделювання сумісних технологій формування локальних тривимірних КНІ-структур процесами сучасних КМОН-технологій. Наведено результати моделювання приладних елементів з тривимірними КНІ-структурами. На основі запропонованого БМК, за аналогією з ІС, можуть бути в короткі терміни спроектовані різні типи мікросистем і створені їх серії.

1. Когут І.Т. Концепція побудови інтегрованих мікросистем на основі КМОН БМК зі структурами кремній-на-ізоляторі // Тези XI Міжнар. конф. "Фізика і технологія тонких плівок і наносистем", 7–12 травня 2007 р. – Івано-Франківськ. – С. 215–216.
2. Colinge J.P. *Silicon-On-Insulator Technology: Materials to VLSI*, Kluwer Academic Publishers, 1997.
3. Druzhynin A.O., Holota V.I., Kogut I.T., Sapon S.V., Khoverko Yu.M. *The Device-Technological Simulation of The Field-Emission Micro-Cathodes Based on Three-Dimensional SOI-Structures* // *Electrochemical Society Trans.* – 2008. – Vol. 14(1). – P. 569–581.
4. Пат. на корисну модель № 34277 UA. Спосіб формування локальних тривимірних КНІ-структур / І.Т. Когут, В.І. Голота, А.О. Дружинін, С.В. Сапон. – Опубл.

27.10.08, Бюл. № 20. – 2008. – 14 с. 5. Пат. на корисну модель № 29698 UA. Ключовий елемент на діодах Шотткі зі структурою “кремній-на-ізоляторі” / І.Т. Козут, В.І. Голота, А.О. Дружинін. – Опубл. 25.01.2008, Бюл. № 2. – 2008. – 10 с. 6. Пат. на корисну модель № 29701 UA. Контакт в інтегральних приладах зі структурою “кремній-на-ізоляторі” / І.Т. Козут, В.І. Голота, А.О. Дружинін. – Опубл. 25.01.2008, Бюл. № 2. – 2008. – 10 с. 7. Козут І.Т. Конструктивно-технологічні властивості КМОН КНІ БМК з мікрозонною лазерною рекристалізацією полікремнію // Вісн. Держ. ун-ту “Львівська політехніка”. – 1999. – № 362: Елементи теорії та прилади твердотільної електроніки. – С. 25–30.

УДК 621.315.592

О.І. Логуш¹, В.А. Павлиш²

Національний університет “Львівська політехніка”,

¹кафедра напівпровідникової електроніки,

²кафедра електронних засобів, інформаційно-комп’ютерних технологій

СТАБІЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ МООН-СТРУКТУР ПРИ ГЕТЕРУВАННІ ДЕФЕКТІВ КРЕМНІЄВОЇ ПІДКЛАДКИ ЦИНКОМ

Ó Логуш О.І., Павлиш В.А., 2009

O.I. Logush, V.A. Pavlysh

MOS-STRUCTURE PARAMETERS STABILIZATION BY SILICON SUBSTRATE DEFECTS GETTERING WITH ZINC

Ó Logush O.I., Pavlysh V.A., 2009

Наведено результати експериментальних досліджень впливу гетерування цинком на суцільність плівок SiO_2 . Показано, що введення цинку в парогазове середовище за термічного окислення кремнію приводить до покращання суцільності плівок. Експериментально підтверджена модель процесу гетерування тримірних дефектів плівок термічного діоксиду кремнію, яка полягає у зниженні рухливості дислокацій приповерхневої області кремнієвих пластин і зменшення внаслідок цього локальних напружень плівок в процесі росту.

The results of experimental investigations of zinc gettering influence on uniformity of SiO_2 films and parameters of MOS-structures as a whole are shown. It was demonstrated that adding of zinc into vapor during silicon thermal oxidation results in improvement of films uniformity. The model of gettering process of 3D-defects in thermal silicon dioxide films, which consists in decreasing of dislocation mobility in silicon wafer surface region thus leading to decreasing of local film stresses during growth process, is experimentally approved.

Вступ

У сучасних напівпровідникових приладах, розміри активних областей яких становлять частки мкм, істотну роль відіграє структурна досконалість області кремнієвої підкладки, що прилягає до межі розділу, і усіх наступних нарощених шарів монокристалічного кремнію і аморфного діелектрика, які становлять активну область приладу. Кожен високотемпературний процес приводить до утворення, розмноження і анігіляції точкових, лінійних та об’ємних дефектів, які негативно впливають на