

ВСТУП

Сучасний розвиток науки і техніки потребує високого рівня сенсорних пристроїв для вимірювання, контролю та управління фізичними процесами, що використовують у виробництві, екології, медицині, космічній техніці тощо. Створення таких приладів неможливе без розроблення мікроелектронних датчиків. Датчик – це конструктивно закінчений пристрій, який містить первинний вимірювальний перетворювач (сенсор), що забезпечує перетворення контрольованої величини на зручний для використання сигнал.

Одним із перспективних напрямів розвитку сучасної сенсорної електроніки є розроблення і використання мікроелектронних датчиків, які є результатом злиття технологій і конструкцій чутливих актюаторних елементів та схем перетворення інформації від них на одному або декількох кристалах з гібридною чи монолітною інтеграцією елементів, електричними, оптичними або радіозв'язками. Водночас розвиток мікроелектроніки і перспективи наноелектроніки, суттєво збільшені сучасні можливості мікропроцесорної техніки й особливості її використання у високоефективних інформаційних (інтелектуальних) системах потребують реалізації нових підходів до створення датчиків.

Сьогодні в мікроелектроніці широко використовуються шари полікристалічного кремнію на поверхні окисненої кремнієвої пластини (КНІ-структури). Такі шари формуються, як правило, хімічним осадженням з газової фази. На відміну від монокристалічного кремнію, в полікристалічних шарах малі рухливості електронів і дірок, а також час життя носіїв заряду, що зумовлено наявністю великої кількості дефектів структури, які є центрами розсіювання і рекомбінації. Зменшення кількості дефектів вихідного полікремнію за рахунок модифікації його структури дає змогу значно підвищити рухливість носіїв заряду в шарі, що робить можливим створення на основі КНІ-структур мікроелектронних приладів і сенсорів фізичних величин з високою швидкістю, підвищеним ступенем інтеграції, багат шарових структур, зокрема створення зінтегрованих схем з

тривимірною інтеграцією елементів з обробкою сигналів для інтелектуальних сенсорів. Проектування і створення тривимірних приладних структур для мікросистемних застосувань, включаючи комбіновані тривимірні КНІ-структури, які конструктивно суміщені із мікропорожнинами, є також важливою і актуальною задачею, оскільки відкриваються можливості побудови нових типів чутливих елементів датчиків, мікросистем і мікролабораторій-на-кристалі. Для створення елементної бази мікросенсорних пристроїв необхідні дані про результати досліджень взаємовпливу параметрів і конструкцій елементів у приладах на основі структур кремній-на-ізоляторі, методів їх отримання на електричні, часові, тензометричні, температурні та інші характеристики.

Над проблемами створення елементної бази сенсорних пристроїв працюють багато спеціалізованих провідних науково-дослідних інститутів і лабораторій світу, зокрема CNM (Іспанія), Інститут робототехніки і мікросистем (США) та багато інших.

Особливо цікавими є сенсорні та мікросистемні пристрої з монолітною інтеграцією на одному кристалі чутливих елементів сенсорів зі схемами обробки та перетворення інформації, сформованих за технологіями поверхневої, об'ємної обробки в комбінації з мікроелектронними груповими технологіями інтегральних схем. Перші пристрої такого типу, які містили мікромеханічні елементи і схеми перетворення інформації, що виготовлені за інтегральною технологією, так звані мікроелектромеханічні системи (МЕМС), були створені в США. У країнах Європи здебільшого використовують термін “мікросистеми”, “мікросистеми-на-кристалі” або “мікросистеми в корпусі”, які об'єднують декілька кристалів з електричними і/або оптичними зв'язками, а термін “мікросистема-на-кристалі” є більш загальним порівняно із МЕМС.

На сучасному етапі розвитку здебільшого сенсорні та мікросистемні пристрої проектують як спеціалізовані, в цьому разі як конструктивно-технологічну базу для їх створення використовують КМОН- і Бі-КМОН-технології та їх модифікації. Проте істотним недоліком таких пристроїв є обмежені можливості міжелементної ізоляції, конструювання нових інтегральних приладних структур,

особливо з тривимірними конструкціями чутливих і транзисторних елементів, ступінь інтеграції, швидкодія, енергоспоживання, обмежений температурний інтервал, стійкість до зовнішніх впливів. Тому для створення нової елементної бази для цих типів пристроїв проводяться пошуки нових матеріалів і технологій. Одним із них є структури кремній-на-ізоляторі, які завдяки діелектричній ізоляції приладного шару від підкладки є більш перспективними як інженерно-конструкційний матеріал і за перевагами характеристик приладів.

Існуючі технології формування КНІ-структур за відомими методами SIMOX (separation by Implantation of Oxygen), ELTRAN (Epitaxial Layer TRANSfer), BESOI (bond and etch-back SOI), SmartCut є дорогими та складними, і в Україні не були достатньо освоєні, що істотно стримує їх широке використання. Метод ZMR (zone melt recrystallization – метод зонної плавки) в Україні освоєний в Інституті фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України. Цей метод передбачає, здебільшого, формування суцільних плівок заданої товщини по всій поверхні пластини, що не завжди вигідно для розробника сенсорних пристроїв, якщо потрібні, наприклад, різні товщини плівок на одному кристалі, їх сумісність з технологіями на масивному кремнії, або створення зінтегрованих схем з тривимірною інтеграцією елементів. Спільним недоліком згаданих методів, які освоєні поза межами України, є те, що вони пов'язані насамперед із порушеннями поверхневого приладного шару, а потім відновленням його кристалографічних параметрів в сформованій пластині. Тому, враховуючи сучасні тенденції зменшення топологічних розмірів елементів до субмікрометрових і нанометрових, видаються доцільними і перспективними технологічні підходи формування локальних, “прив'язаних” до конкретної топології приладів на основі КНІ-структур безпосередньо на вихідній кремнієвій пластині, без порушень її поверхневого активного шару.

Очевидно, що вирішення таких проблем загалом вимагає комплексного підходу, що передбачає використання нових функціональних матеріалів і структур, нових ідей і конкурентоспроможних методів та принципів побудови датчиків, а отже, проведення

фундаментальних досліджень, використання новітніх методів і технологій виробництва.

У монографії проведено аналіз сучасних методів отримання структур кремній-на-ізоляторі. Наведено результати комплексного дослідження електропровідності, магнітоопору, п'єзоопору полікристалічного кремнію на напівпровідникових підкладках у широкому інтервалі температур, за впливу сильних магнітних полів і деформацій, що було використано для створення сенсорів механічних і теплових величин на їх основі. Подано конструктивні особливості для інтеграції різних типів сенсорів на одному кристалі під час створення мікросистем, а також методи покращання вимірювальних характеристик сенсорів механічних і теплових величин на основі полікремнієвих шарів у структурах кремній-на-ізоляторі.

Монографія “Структури кремній-на-ізоляторі для сенсорної електроніки” повністю охоплює низку проблемних питань, що пов'язані зі створенням пристроїв в області сенсорної електроніки та мікроелектроніки. Призначена для наукових, інженерно-технічних працівників та студентів, які навчаються за напрямом “Мікро- та наноелектроніка”, а також широкого загалу спеціалістів у галузі твердотільної електроніки.