

підвищенням температури опір границь зерен зменшується. Пружні деформації змінюють опір границь зерен відповідності до деформаційних коефіцієнтів окисних прошарків.

**Висновки:**

1. Пружні деформації впливають на ТКр монокристалічних плівкових провідників:
  - розтяг зменшує додатні ТКр і збільшує від’ємні;
  - стискання викликає зворотний ефект.
2. Деформаційні зміни ТКр полікристалічних зразків визначаються переважно деформаційними змінами опору окисних прошарків, розмішених на границях зерен, які можуть мати як додатні, так і від’ємні деформаційні коефіцієнти [6].

1. Семенец В.В., Дж. Кратц, Невлюдов Н.Ш., Палагин В.А. *Технология межсоединений электронной аппаратуры.* – Харьков: Компания СМІТ, 2005. – 427 с. 2. *Технология и автоматизация производства РЭА / Под ред. А.П. Достанко, Ш.Н. Чабдарова.* – М.: Радиосвязь. 1989. – 624 с. 3. Матвійків М.Д., Козут В.М., Матвійків О.М. *Технологія електронних апаратів.* – Львів: АПРІОРІ, 2010. – 392 с. 4. Палатник Л.С., Сорокин В.К. *Материаловедение в микроэлектронике.* – М.: Энергия, 1978. – 280 с. 5. Елифанов Г.И., Мома Ю.А. *Физические основы конструирования и технологии РЭА и ЭВА.* – М.: Сов. радио, 1979. – 350 с. 6. Полякова А.Л. *Деформация полупроводников и полупроводниковых приборов.* – М.: Энергия, 1979. – 168 с.

УДК 621. 319.

**А.І. Петрушка, Т.М. Матвійків**

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра електронних засобів інформаційно-комп’ютерних технологій

**ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ (МІКРОСХЕМ НА КРИСТАЛІ) СТРУКТУРИ «КРЕМНІЙ-НА-ІЗОЛЯТОРІ», ПОБУДОВАНИХ НА СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ БАЗОВИХ МАТРИЧНИХ КРИСТАЛАХ, В ТЕХНОЛОГІЇ БУРІННЯ**

© Петрушка А.І., Матвійків Т.М., 2010

Аналізуються перспективи застосування мікроелектромеханічних систем (МЕМС), побудованих на спеціалізованих базових матричних кристалах (БМК) структури «кремній-на-ізоляторі» (КНІ), в технології глибокого та направлено буріння, яка характеризується наявністю високих температур, агресивних середовищ та значних механічних впливів.

**The article deals with analysis of the perspective of micromechanical systems (MEMS) application, based on specialize basic matrix crystals (BMC) of «silicon-on-insulator» (SOI) structure, in technology of deep and direct boring, which are characterized by high temperatures, aggressive environment and considerable mechanical influences.**

**Вступ.** Виснаження приповерхневих нафто- та газоносних пластів, розмішених у сприятливих кліматичних зонах, змушує буровиків бурити глибші свердловини завглибшки в тисячі метрів дуже часто в несприятливих кліматичних умовах, наприклад, в зонах вічної мерзлоти, в тропіках, у сейсмічно активних зонах тощо. Розміщають їх не тільки на суходолах, але дуже часто в акваторіях морів та океанів. Технологія пошуку покладів нафти та газу передбачає не тільки вертикальне проходження, але й чітко направлене, відхилене від вертикалі, буріння.

Сам процес буріння супроводжується нагріванням бурового інструмента та контрольнo-вимірjувальних приладів до температур 100..200 °С, вібраціями, ударами та лінійними навантаженнями, які охоплюють значну частину спектра можливих механічних впливів (табл. 1).

Використання під час буріння дорогого бурового обладнання, що має працювати в таких складних умовах, вимагає все прискіпливіше ставитись до приладів контролю за положенням бурових платформ та антен, особливо тих, які розміщені на воді; станом бурового інструменту; його температурою та вібрацією; нахилом та азимутом нахилених свердловин, їх загазованістю та радіаційним фоном тощо.

Таблиця 1

Спектр можливих механічних впливів

Вид механічного навантаження		Значення навантаження		
		Діапазон частот, Гц	С с, g	Тривалість удару от олььобло, мс
Вібрація		100–1000	10	–
		100–2000	20	–
		100–5000	40	–
Удари	Багаторазові	–	15	2–15
		–	40	2–10
		–	75	2–6
		–	150	1–3
	Одиничні	–	1000	0,2–1
		–	1500	0,2–0,5
		–	3000	0,2–0,5
		–	10 000	0,1–0,5
		–	50 000	0,05–0,5
		–	–	–
Лінійне навантаження		–	500	–
		–	10 000	–
		–	20 000	–

**Основна частина.** Як відомо, одним із основних елементів засобів контролю є сенсори. Саме вони найбільшою мірою зазнають впливу високих температур, вібрацій та ударів. Поступово відходять в історію сенсори на дискретних елементах, які мають порівняно великі масогабаритні показники і довгими проводами з'єднуються з пристроями оброблення та візуалізації інформації. Сьогодні вони вже не задовольняють підвищені вимоги не тільки до масогабаритних показників, але й до надійності, швидкодії, енергоспоживання. Їм на зміну прийшли сенсорні інтегральні мікросхеми (ІМС) у вигляді МЕМСів (рис. 1), у яких в одному кристалі розміщені електромеханічні сенсори і пристрої оброблення інформації.

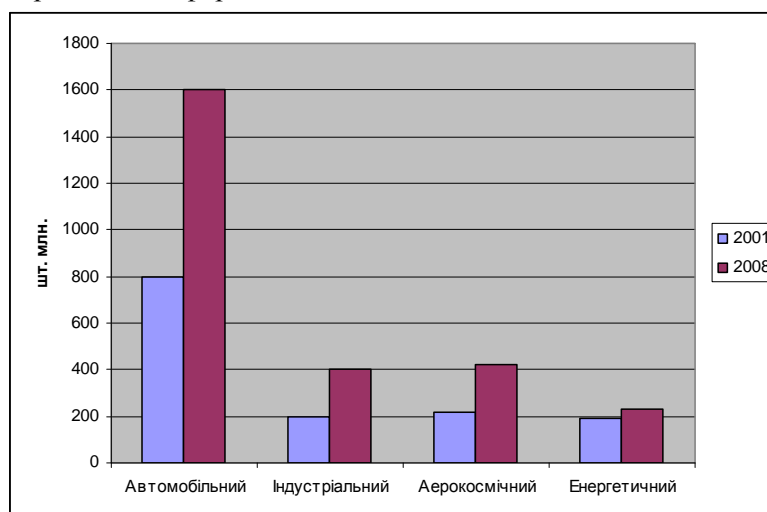


Рис. 1. Динаміка розвитку північноамериканського ринку МЕМС [1]

Малі масогабаритні показники MEMСів забезпечують їм високу стійкість до вібрацій та ударів, сприятливі умови для захисту від агресивних середовищ, а висока термостійкість кремнію – широкий діапазон робочих температур

Таблиця 2

Типові параметри деяких MEMС-сенсорів

Параметри	VS 9000	MS 9000	RS 9000
Стойкість до ударів	6000 g	20000 g	>20 000 g
Стойкість до вібрацій	...200 g	... 200 g	... 200 g
Стойкість до температури	-55 °С ... +125 °С	-55 °С ... +125 °С	-55 °С ... +125 °С

Перші мікромеханічні елементи і схеми перетворення інформації MEMС були створені на початку ХХ ст. в США. У Європі вони з'явилися пізніше. Тут їх називали мікросистемами на кристалі (МСК).

Перші MEMС (МСК) проектували як спеціалізовані на основі конструкційно-технологічної бази КМОН-і Бі-КМОН технологій та їх модифікацій. Їхні істотні недоліки – обмежені можливості міжелементної ізоляції, недостатньо висока швидкодія, значне енергоспоживання, низька стійкість до зовнішніх впливів (тиску, радіації, світла тощо).

Наші дослідження, пошуки інших авторів показали, що для MEMСів (МСК) перспективнішими є структури “кремній-на-ізоляторі” (КНІ), які завдяки високоякісній діелектричній ізоляції мають високу швидкодію, а завдяки високій теплопровідності підкладки (наприклад, сапфірової) витримують високі робочі температури. За аналогією зі створенням замовних ІС на основі базових матричних кристалів (БМК) перспективним видається створення за аналогічною методологією також і MEMСів, але на спеціалізованих для мікроелектромеханічних використань БМК.

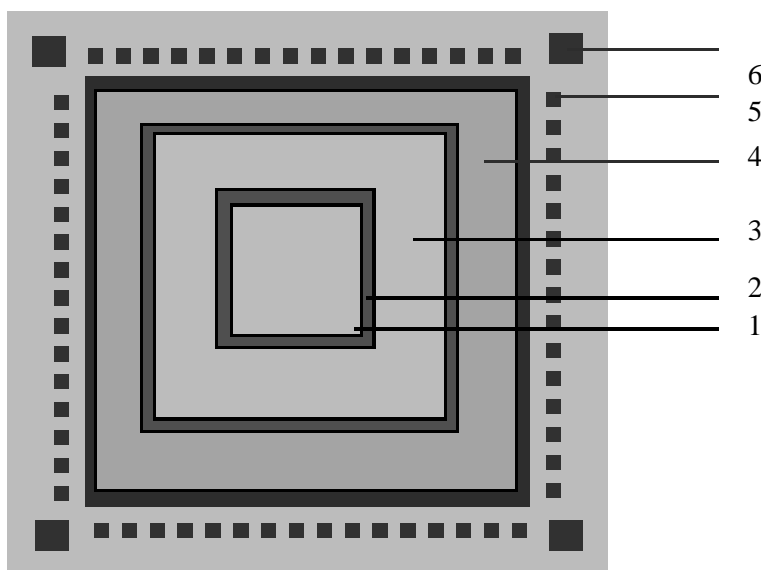


Рис. 2. Архітектура спеціалізованого КНІ КМОН БМК:

- 1 – чутливі елементи; 2 – інтегральні електрорадіоелементи і з'єднання; 3 – аналогові;  
 4 – цифрові бібліотечні елементи; 5 – буферні каскади і контактні площадки;  
 6 – тестові елементи, знаки суміщення і технологічного контролю

Аналіз наявної інформації показує, що сьогодні такі мікроелектромеханічно спеціалізовані БМК із структурою КНІ на ринку фактично відсутні. Існуючі технології формування пластин зі структурою КНІ за відомими методами SIMOX, ELTRAN, BESOI, Smart Cut, ZMR є дорогими і складними, що істотно стримує їх широке використання. Ці технологічні методи передбачають формування суцільних кремнієвих шарів заданої товщини по усій поверхні кремнієвих пластин.

Для виготовлення елементів МЕМС це далеко не завжди вигідно, особливо у тих випадках, коли потрібні різні товщини плівок на одному кристалі, або коли необхідна їх сумісність з технологіями на масивному кремнії. Крім того, враховуючи наявні тенденції до зменшення топологічних розмірів елементів, для створення елементної бази МЕМСів перспективним виглядає формування локальних, націлених на конкретну типологію, приладних КНІ-структур безпосередньо у вихідній кремнієвій пластині.

В останній час з'явилися роботи [27], в яких досліджуються ці перспективні напрямки розвитку конструкцій та технологій спеціалізованих МЕМС. Розроблено варіант архітектури спеціалізованого КНІ КМОН БМК (рис. 2).

Центральна частина БМК призначена для блока чутливих елементів, по периметру яких розміщені лінії зв'язку та інтегральні електрорадіоелементи. За ними слідує поля матриці аналогових, цифрових бібліотечних елементів для організації схем перетворення інформації та вихідні буферні каскади з контактними площадками для зовнішнього інтерфейсу. Кристал містить постійні шари елементів приладів на основі КНІ-структур, шини живлення, заземлення та програмовані шари двох металізацій та двох шарів контактів.

### **Висновки:**

1. Аналіз Інтернет-інформацій та публікацій багатьох авторів показує, що сенсорні ІМС у вигляді МЕМСів все частіше використовують не тільки для контролю процесу буріння та стану бурового обладнання, але й у інших галузях економіки.

2. Найперспективнішими для технологій буріння є МЕМСи, побудовані на спеціалізованих БМК зі структурою КНІ КМОН, які мають вищу стійкість до температури, меншу вартість, більшу технологічність.

*1. Stauffer Jean – Michel. Standart MEMS capacitive accelerometers for harsh environment. Proceedings of CANEUS 2006. August 27 – September 1, 2006, Toulouse, FRANCE. 2. Dzuzhynin A. Digital CMOS ARRAY based on SOI Structures / Dzuzhynin A., Kogut T. I.// Electron Technology. – Warsaw, 1999. – № 1/2 – v.32. – P.142 – 145. 3. Дружинин А.А. Особенности КНИ МОП – транзисторов с матричной конфигурацией элементов / А.А. Дружинин, Н.Т. Козут, Г.В. Кеньо // Оптоэлектроника и техника. – 1994. – Вып.28. – С.71 – 74. 4. Дружинин А.О. Сенсории фізичних величин на основі структур «кремній на ізоляторі» з рекристалізованим шаром полікремнію / Дружинин А.О., Мар'янова І.Н., Козут І.Т., Литвин І.С., Ховерко Ю.М.// Сенсорна електроніка та мікросистемні технології. – 2008. – №4. – С.42 – 53. 5. Козут І.Т. Конструктивно технологічні властивості КМОН КНІ БМК з мікророзновою лазерною рекристалізацією полікремнію// Вісник ДУ «Львівська політехніка.» “ Елементи теорії та прилади твердотільної електроніки”. – 1999. – №362. – С.25 – 30. 6. Козут І.Т. Архітектура і елементи інтегрованої мікросистеми на базовому матричному кристалі зі структурою «Кремній на ізоляторі» / І.Т. Козут, А.О. Дружинин, В.І. Голота // Вісник НУ «Львівська політехніка» “Електроніка”. – 2009. – №646 – С. 86–95. 7. Дружинин А.О. Полікремній на ізоляторі як матеріал для створення сенсорів, працездатних в широкому інтервалі температур / А.О. Дружинин, І.Й. Мар'янова, І.Т. Козут, Ю.М. Ховерко, С.М. Матвієнко // Міжн. наук.-тех. конф. «Сенсорна електроніка та мікросистемні технології» (Одеса, Україна, 1 – 5 червня 2004). – Тези доп. – Одеса, 2004. – С. 238.*