

## СУБМІКРОННА ТЕХНОЛОГІЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ БІПОЛЯРНИХ Ві-К-МОН ВІС

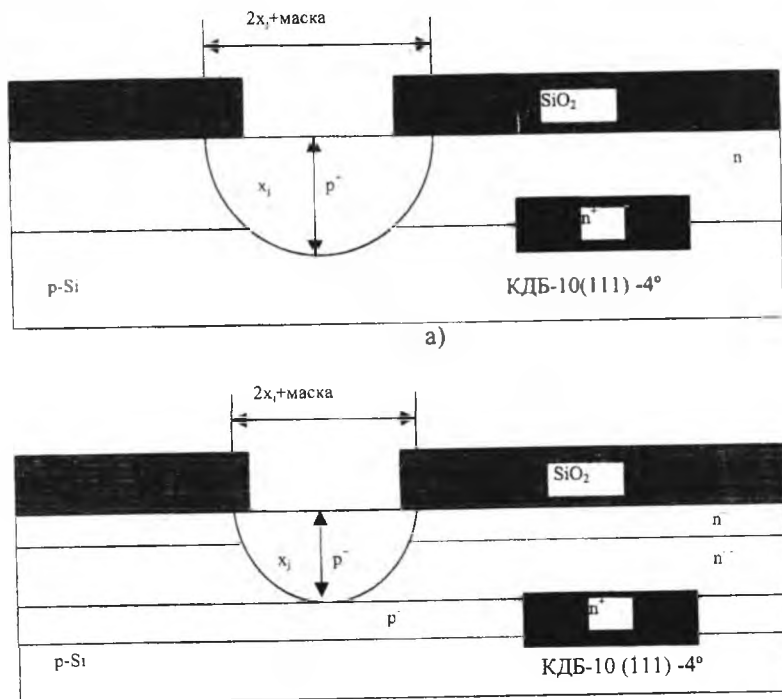
*Розроблена субмікронна технологія високовольтних (>120 В) Ві-К-МОН ВІС на основі тришарових КЕС (р - n - n) з локальною діелектричною ізоляцією.*

Основним питанням сучасних біполярних і Ві-К-МОН високовольтних аналогових ВІС, розрахованих на робочу напругу 20-120 В, є забезпечення високої якості як локальної електричної ізоляції активних елементів, так і усунення аномальних явищ автолегування і зміщення захованого шару при формуванні кремнієвих епітаксійних структур (КЕС) [1,2].

Як правило, в біполярній технології формування структур ВІС для цих цілей використовують локальну ізоляцію оберненозміщеними дифузійними р-п-переходами, а саме змиканням роздільних р - областей на р-підкладку КДБ-10 (111)-4°. В цій структурі (рис.1а) сформовані в таких кишнях епітаксійного кремнію n-типу біполярні транзистори ізолюються р-п-переходами.

Даний метод ізоляції має перевагу над діелектричною ізоляцією та ізоляцією з -допомогою канавок, заповнених дрібнодисперсним діелектриком, з точки зору більшої технологічності та ефективності реалізації при мінімальних енерговитратах [2]. Проте такий спосіб локальної ізоляції має великий недолік, бо необхідно нарощувати товсті (більше 16 мкм) епітаксійні шари монокремнію з одночасним його легуванням до певної величини питомого опору (>4 Ом см). Останній визначає величину пробивної напруги колекторного переходу. Це приводить до того, що проходить велике дифузійне розмиття ізолюючої області: її ширина стає приблизно в 2 рази більшою від товщини епітаксійного шару, як видно з рис. 1а. Така ізоляція не дозволяє перейти в субмікронну область (<1 мкм) та забезпечити високі пробивні напруги як ізолюючих, так і колекторних переходів. Крім того, явище автолегування домішки із захованого n-шару в епітаксійній та зміщення цього ж захованого шару при епітаксійному рості n-області не дозволяють формувати високовольтні Ві-К-МОН-структури з колекторною напругою більше 20 В [3].

Для усунення вищеперелічених недоліків нами розроблена технологія формування КЕС і на їх основі високовольтних Ві-К-МОН-інтегральних схем (рис. 1б), де одношаровий епітаксійний n-шар замінений на тришаровий (р - n - n), в результаті чого ширина масштабованої ізолюючої р - області зменшується більше, ніж в 2 рази.



б)

**Рис.1.** Кремнієва епітаксійна структура (КЕС) з локальною ізоляцією p-n-переходом:  
 а) з одношаровою епітаксією n-типу;  
 б) з тришаровою p<sup>-</sup> - n<sup>-</sup> - p<sup>-</sup> епітаксією та ізоляцією переходом або SiO<sub>2</sub>.

Епітаксіальний ріст такої структури здійснювався в реакторі установки УНЕС-2ПКА з використанням SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> при T=1170 °С.

В новій структурі (рис.2) верхній епітаксіальний шар n має вищу концентрацію легуючої домішки, ніж середній n<sup>-</sup>, що забезпечує надійне масштабування за рахунок меншого збіднення поверхні носіями заряду з однієї сторони і усунення автолегування та зміщення захованого n<sup>+</sup>-шару при епітаксіальному рості тришарової плівки (p - n<sup>-</sup> - n<sup>-</sup>). Введення слабо-легованої n<sup>-</sup>-області (<5 мкм) (ρ >4 Ом-см) в технологічний процес КЕС дозволило забезпечити високі пробивні напруги колекторних переходів (>120 В), що забезпечує формування високовольних Ві-К-МОН інтегральних схем і дозволяє перейти в субмікронну область, використовуючи діелектричну ізоляцію SiO<sub>2</sub>.

сформовану термокомпресійним оксидуванням при тиску  $p=20$  атм. і температурі  $T=850$  °С на установці "Термоком".

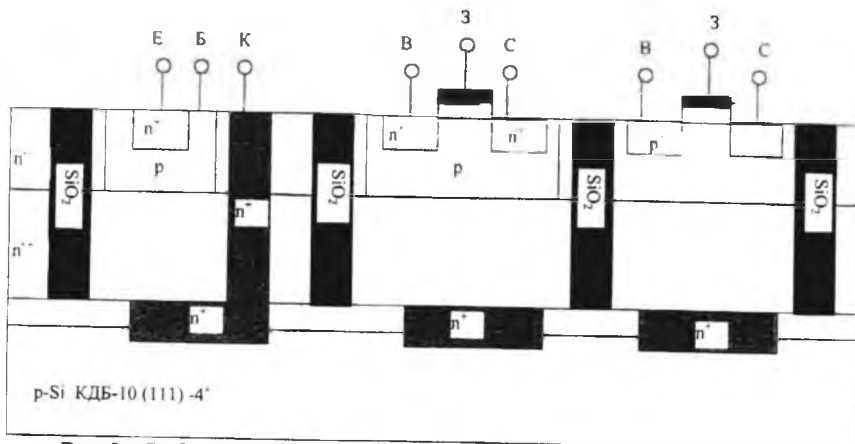


Рис.2. *Bi-K-MON-структура, сформована на тришарових КЕС*  
 $p - n - n$

Слабологована  $p^-$ -область забезпечує низьке автолегування домішки захованого  $n^+$ -шару (сурми або миш'яку) в епітаксійний ( $<0,5$  мкм) і його зміщення в процесі епітаксії. Легування епітаксійного шару здійснюють використанням газових сумішей  $PH_3$  (фосфіна) і  $B_2H_6$  (диборана), які дозуються з високою точністю. Величини  $p^-$ ,  $n^-$ -областей в епітаксійному шарі складають по 2,5 мкм ( $<3$  мкм) кожна.

В даному способі формування біполярних та *Bi-K-MON* високовольтних інтегральних схем найважливіший параметр – це концентраційний профіль тришарової епітаксійної плівки  $p^- - n^- - n^+$ . Концентрація домішок (P,B) в епітаксійному шарі – це найчутливіший параметр, який контролюється з допомогою опору розтікання на установці типу К-8-30. На рис.3 показані профілі розподілу домішок після епітаксійного росту плівки  $p^- - n^- - n^+$  та після термічних відпалів, які моделювали дифузійні процеси бази, емітера та глибокого колектора. Збільшення поверхневої концентрації шару  $n^-$  зумовлює сегрегацію домішки (фосфору) в процесі оксидування. В даному експерименті пікові значення концентрацій легуючої домішки в епітаксійній структурі знизу вгору складали:  $(1; 1,2; 1,25 \text{ і } 2,5) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$  відповідно, а товщини епітаксійних шарів:  $p^- - \leq 2,5$  мкм,  $n^- - \leq 5$  мкм,  $n^+ - \leq 3$  мкм. Особливістю формування захованого  $n^+$ -шару є те, що його розгонку (II етап) проводять в процесі епітаксійного росту.

Другим важливим параметром таких КЕС є товщина епітаксійного шару. Верхній  $n$ -епітаксійний шар визначає електричні характеристики горизонтального  $n$ - $p$ - $n$  і  $p$ - $n$ - $p$ -транзисторів. Однак, як було нами встановлено, зміна товщини  $p^-$  і  $n^-$ -областей в межах  $\pm 0,5$  мкм в

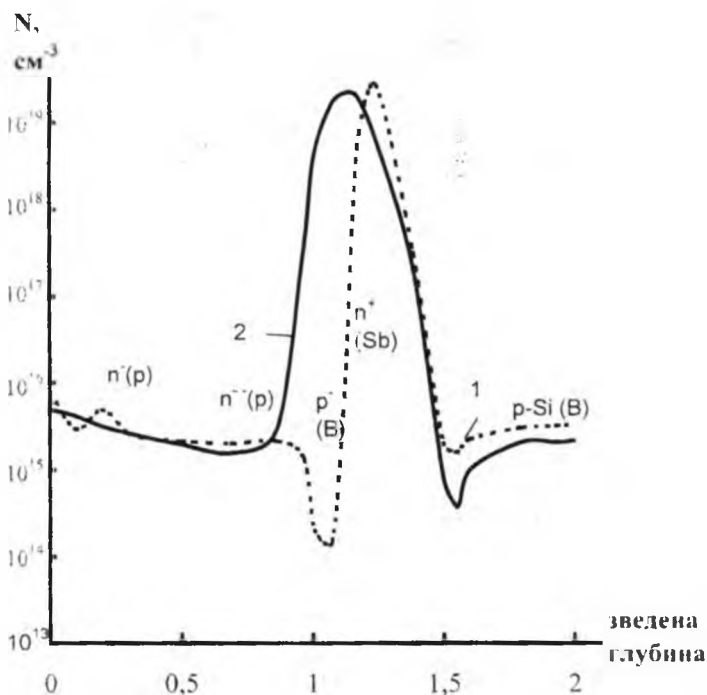


Рис.3 Профіль концентрації домішок в тришаровій структурі КЕС ( $p$ -Si- $n$ - $p^-$ - $n^-$ - $n$ )

цілому мало впливає на характеристики  $n$ - $p$ - $n$ -транзисторів. При товщині  $p^-$ -шару  $> 4$  мкм вже може утворитись діод в області колектора  $n$ - $p$ - $n$ -транзистора.

Додаткова імплантація іонів вуглецю ( $C^-$ ) в вертикальні колекторні  $n^+$ -області створює гетерогенні області, які знижують дефектоутворення при формуванні структур, про що свідчить ріст часу життя носіїв заряду на порядок.

Дана структура КЕС дозволяє проводити масштабування сучасних біполярних схем на 40-60 % їх площі кристалу. Враховуючи високу технологічність такого процесу формування кремнієвих епітаксійних

структур, а також те, що одночасно зменшуються величини паразитних резисторів і конденсаторів із-за зменшення перекриття, дана технологія займе також своє достатнє місце в субмікронній технології (<1 мкм) з локальною діелектричною ізоляцією.

*It has been elaborated the submicronic technology of high-voltage bipolar and Bi-CMOS large integrated circuits based on three-layers silicon epitaxial (p<sup>-</sup>-n<sup>-</sup>-n<sup>+</sup>) with local dielectric isolation.*

1. Новосядлий С.П. Технология формирования высококачественных кремниевых эпитаксиальных структур //Технология и конструирование в электронной аппаратуре –1998. – № 3–4. – С.23–26.
2. Novosiadlyi S., Mychalchuk M., Fedasyuk D. Basic Principles and Elements of Highly Effective System Technology of VLSI Microelectronics //Proceedings of the 6-th International Conference “Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES-99” Krakov, Poland. – 1999. – P.267–270.
3. Патент 11378 (UA) MKU НОІЛ 21:205. Спосіб виготовлення кремнієвих епітаксійних структур /Новосядлий С.П., Бірновий Б.І. (Україна), №4471683: опубл.25.12.1996, бюл.№4. – 1с.

**Басістий П.В., Бачинський Ю.Г., Дідора Т.Д., Федоров В.В.**

## **ВПЛИВ ВОДНЮ НА ФОРМУВАННЯ БЛИЖНЬОГО АТОМНОГО ПОРЯДКУ І ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Ni-Mo(W)-Re.**

*Досліджено вплив легування ренієм та водневої обробки на властивості сплавів системи Ni-Mo та Ni-W. Виявлено, що розчинення водень стимулює процес створення впорядкованих фаз, тобто шляхом підбору умов водневої обробки можна непрямо керувати фізико-механічними властивостями сплавів системи Ni-Mo(W)-Re.*

Дослідження процесів атомного впорядкування має важливе значення при розробці нових конструкційних матеріалів, оскільки необхідного рівня їх фізико-механічних властивостей можна досягнути не додатковим легуванням, а цілеспрямовано змінюючи фазово-структурний стан сплавів хіміко-термічною обробкою. В останній час інтенсивно розвиваються роботи, спрямовані на створення водневих технологій керування властивостями металів та сплавів. В їх основу покладені закономірності впливу водню на кінетику фазових перетворень – поліморфізм, гідридуотворення, атомне впорядкування. Зокрема, показано [1], що термічна обробка у водні прискорює процес формування впорядкованих атомних надструктур і збільшує ступінь дальнього атомного порядку в бінарних сплавах систем Fe-Ni, Fe-Co, Ni-Mo і т.д., що використовується для керування їх магнітними і