

В. М. Кичак¹
І. В. Слободян¹
В. Л. Вовк¹

ПІДВИЩЕННЯ РАДІАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНИХ ЗАПАМ'ЯТОВУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ НА БАЗІ ХАЛЬКОГЕНІДНИХ СКЛОПОДІБНИХ НАПІВПРОВІДНИКІВ

¹Вінницький національний технічний університет

Запропоновано спосіб підвищення радіаційної стійкості запам'ятовувальних пристроїв, які є одним з основних елементів для побудови систем оброблення інформації.

Запропонована структура радіаційно стійкої комірки пам'яті, в якій як перемикальний елемент використовується плівка халькогенідного склоподібного напівпровідника, а як елемент розв'язки використано уніполярний транзистор. Перемикальний елемент є стійким до дії радіації, а радіаційна стійкість уніполярного транзистора на декілька порядків нижча. Тому в роботі запропоновано спосіб підвищення радіаційної стійкості уніполярних транзисторів. Для усунення зміни параметрів уніполярних транзисторів під дією іонізуючих опромінь на процеси, що відбуваються в підзаслінному шарі діелектрика та на межі розподілу кремнію і діоксиду кремнію, що сприяє накопиченню позитивного заряду, пропонується в процесі виготовлення такого транзистора перед високотемпературним формуванням підзаслінного шару діелектрика у підзаслінну зону напівпровідникової підкладки проводити іонну імплантацію флуору, який дифундує в цей шар. Окрім того, як підзаслінний шар діелектрика використовується не діоксид кремнію, а нітрид кремнію — Si_3N_4 , що також сприяє підвищенню радіаційної стійкості.

Розроблена фізична модель комірки пам'яті на базі халькогенідних склоподібних напівпровідників та запропоновані аналітичні вирази для розрахунку залежності параметрів моделі від дози опромінення.

Ключові слова: халькогенідні склоподібні напівпровідники, радіаційна стійкість, енергонеалежна пам'ять, фазові переходи, аморфні напівпровідники, доза опромінення, порогова напруга, фізична модель комірки пам'яті, час затримки перемикавання.

Вступ і постановка задачі дослідження

Сучасні інтегральні мікросхеми (ІМС) широко застосовуються в радіоелектронній апаратурі (РЕА) технічних об'єктів, які працюють в умовах впливу проникної радіації. Такі умови можуть виникати у разі потрапляння об'єкта в зону дії іонізуючого опромінення техногенного походження або у разі розташування його поблизу ядерних енергетичних установок. Висока вартість таких об'єктів висуває особливо жорсткі вимоги до безвідмовності РЕА і, в першу чергу, ІМС різного функціонального призначення. Дійсно, відмова однієї ІМС, в умовах дії радіації, може викликати вихід з ладу всього складного й вартісного об'єкта, причому наслідки подібної відмови не завжди можуть бути передбачуваними [1], [2].

Радіаційна стійкість ІМС є важливою умовою для проектування систем військового та космічного застосування. Відомо, що в системах військового призначення прилади повинні мати здатність витримувати опромінення нейтронами, гамма та рентгенівськими променями, а також вплив електромагнітного імпульсу, створюваних ядерним вибухом. У космічному просторі РЕА також повинна функціонувати в умовах жорсткої радіації, зумовленої опроміненням іонами, присутніми у космічних променях і сонячному вітрі, а також захоплених у радіаційних поясах навколо Землі.

Тому задача гарантованого забезпечення радіаційної стійкості ІМС й апаратури на її базі є винятково актуальною.

Відомо, що під дією проникної радіації на напівпровідникові ІМС, які виготовляються на базі монокристалевих напівпровідників утворюється багато дефектів, через що різко зростає електропровідність, і це призводить до виходу з ладу ІМС. Аморфні напівпровідники мають великий ступінь розупорядкованості атомів, тому радіаційні пошкодження суттєво не впливають на їх властивості і через це вони мають високу радіаційну стійкість, яка на 2—3 порядки перевищує стійкість монокристалевих напівпровідників [3], [4].

Метою роботи є розроблення теоретичного підґрунтя, структур та фізичних моделей радіаційно стійких запам'ятовувальних пристроїв на базі аморфних напівпровідників, до яких відносяться халькогенідні склоподібні напівпровідники (ХСН).

Розв'язання задачі

Комірка енергонезалежної пам'яті на базі ХСН є з'єднанням перемикального елемента та елемента розв'язки, який може бути реалізований на базі біполярного або уніполярного транзистора.

Оскільки перемикальний елемент на базі ХСН стійкий до дії іонізуючих випромінень, доцільно розглянути можливості підвищення радіаційної стійкості різних напівпровідникових технологій, які використовуються для виготовлення транзисторних структур та розробити структури радіаційно стійких комірок пам'яті. Однією з перспективних технологій, яка широко використовується для побудови засобів обчислювальної техніки та запам'ятовувальних пристроїв є КМОН технологія. Радіаційна стійкість схем, виготовлених за КМОН технологією, визначається як стійкістю активних елементів (*n*-МОН-транзисторів), так і паразитними *p*-МОН-структурами, і залежить від конструктивно-технологічних особливостей виготовлення.

Як відомо [2], причиною зміни параметрів МОН-транзисторів під дією ІО є процеси, що відбуваються в підзаслінному окислі й на межі розділу Si/SiO₂. У разі опромінення в окислі відбувається генерація електронно-діркових пар та їх первинна рекомбінація. Електрони, що мають набагато більшу рухливість, ніж дірки, за короткі проміжки часу стікають у заслін або кремнієву підкладку. Дірки, при перенесенні через окисел, захоплюються на пастках. Таким чином, у підзаслінному SiO₂ відбувається накопичення позитивного заряду. При цьому на межі розділу Si/SiO₂ виникають додаткові рівні поверхневих станів. В *n*-МОН-транзисторі вони приводять до нагромадження негативного заряду, у *p*-МОН-транзисторі — позитивного [2].

Для підвищення радіаційної стійкості комірки пам'яті з використанням як перемикаючий елемент плівки ХСН та транзисторів, виготовлених за КМОН технологією, пропонується проводити іонну імплантацію іонів флуору або інших елементів Al, As, В.

Для реалізації такого підходу використовується типовий технологічний маршрут виготовлення КМОН-структур. Відмінність полягає в тому, що перед формуванням підзаслінного шару діелектрика в зону напівпровідникової підкладки, розміщеної між стоками та витокami, проводиться іонна імплантація флуора (рис. 1), а як підзаслінний шар використовується плівка нітриду Si—Si₃N₄ (рис. 2).

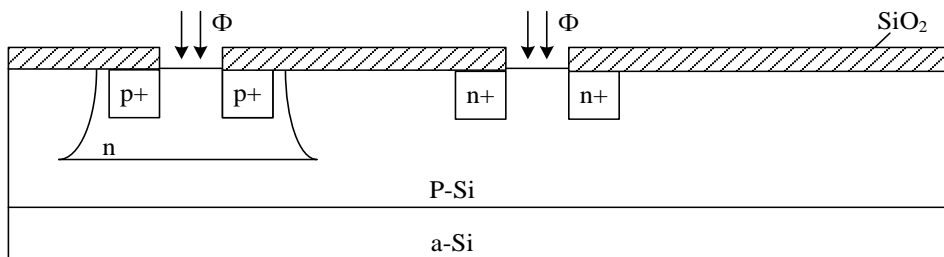


Рис. 1. Іонна імплантація іонів флуору

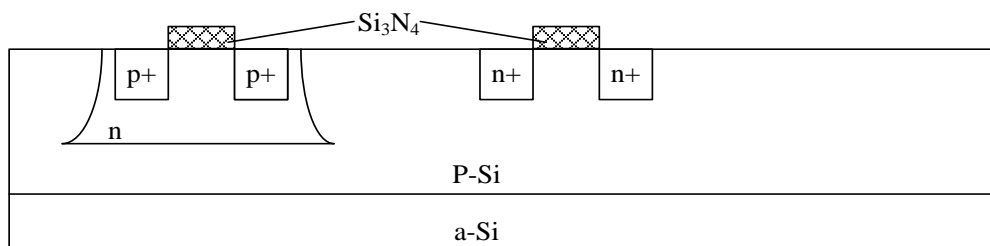


Рис. 2. Формування підзаслінного шару Si₃N₄

Оскільки плівка Si_3N_4 наноситься за високих температур, то іони флуору дифундують у плівку Si_3N_4 , що дає можливість підвищити радіаційну стійкість МОН транзисторів. Крім того введення плівки нітриду кремнію, як підзаслінного шару діелектрика, а не діоксиду SiO_2 , який використовується в традиційній технології, сприяє зниженню порогової напруги транзистора, рівню власних шумів та підвищенню радіаційної стійкості. Після цього методом фотолітографії й плазмохімічного травлення формуються металеві заслони та виводи стоку і витоку МОН-транзистора. На наступному етапі після травлення SiO_2 на поверхні пластини шляхом напилення формується плівка молибдена, після чого проводиться фотолітографія з метою формування маски для нанесення плівки ХСН (рис. 3). В подальшому виконується ще одна фотолітографія з метою формування вікон для травлення ХСН та формування геометрії плівки ХСН.

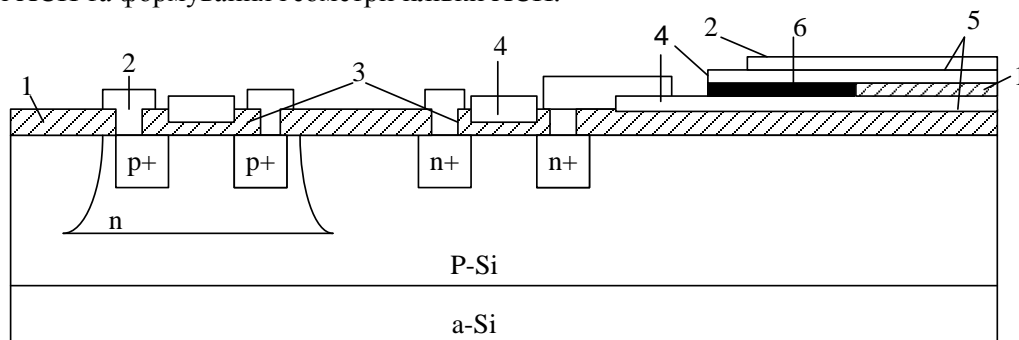


Рис. 3. Структура радіаційно стійкої комірки пам'яті на базі ХСН з використанням КМОН технології:
1 — плівка SiO_2 ; 2 — металеві виводи Al; 3 — плівки Si_3N_4 ; 4 — молибденові заслони;
5 — молибденові контакти; 6 — плівка ХСН

На наступному етапі проводиться селективне травлення плівки ХСН і її термічна обробка. В подальшому проводиться ще одна фотолітографія з метою формування вікон для виготовлення молибденових виводів від плівки ХСН. Після цього здійснюється травлення молибденової плівки і виконується ще одна фотолітографія з метою формування металевої розводки, як в звичайних ІМС (див. рис. 3).

Застосування молибденових контактів при формуванні виводів від ХСН зумовлено тим, що це дає можливість суттєво зменшити контактну різницю потенціалів та знизити порогову напругу транзисторів. Для формування заслону також доцільно використовувати молибден або плівку полікристалового кремнію з високою провідністю.

Для вивчення впливу іонної імплантації флуору на транзистор з каналом n -типу проведені вимірювання ВАХ й порівняння параметрів легованих і нелегованих флуором транзисторів. Результати вимірювань зведені в табл. 1. Порогова напруга вимірювалась методом екстраполяції в точці максимальної крутості стік-заслінної характеристики (СЗХ). Залежність коефіцієнта модуляції рухливості від порогової напруги й щільність поверхневих станів, на межі схований окисел—робочий кремній, визначалися зі статичних ВАХ за методикою, викладеною у роботі [5].

Таблиця 1

Порівняльні характеристики параметрів флуорованих і не флуорованих n -МОН структур

Тип транзистора	Параметр	n -МОН з флуором		n -МОН без флуору	
		Середнє	Дисперсія	Середнє	Дисперсія
Транзистор з каналом n -типу ($W/L = 20/1,0$ мкм)	Порогова напруга, V_n , В	2,32	0,018	2,34	0,023
	Крутість СЗХ, мА/в.	11,4	0,007	11,9	0,020
	Струму запису, мА	5,10	0,02	5,2	0,025
Транзистор з каналом p -типу ($W/L = 20/1,0$ мкм)	Порогова напруга, V_n , В	2,98	—	2,44	—
	Крутість СЗХ, мА/в.	2,6	—	2,22	—
	Щільність поверхневих станів, $\text{см}^{-2} \cdot \text{ев}^{-1}$	$1,57 \cdot 10^{12}$	—	$1,39 \cdot 10^{12}$	—

Як випливає з табл. 1, істотної зміни параметрів МОН-транзистора з каналом n -типу з введенням легування флуором не відбулося. Незначно зменшилася порогова напруга (на 20 мВ) і крутість СЗХ, що з точністю до навпаки відрізняється від результатів, отриманих при легуванні підза-

слінного діелектрика з полікремнію [6]. Значної зміни крутості за малих напруг на заслоні, а значить і рухливості, не відбулося, це свідчить про те, що радіаційні дефекти імплантації флуору повністю зникли під час наступних термообробок.

Порогова напруга транзистора з каналом p -типу, на відміну від n -МОН, при флуоруванні змінилася істотноше, причому в протилежну сторону. Вона збільшилася в середньому на 0,5 вольтів. Це вказує на загальне зменшення ефективного позитивного заряду в Si_3N_4 , незважаючи на те, що щільність поверхневих станів на межі схований окисел—робочий кремній, які мають позитивний заряд, зросла. Величину порогової напруги можна розрахувати за виразом [7]

$$U_{\Pi} = 2\Psi_B + \frac{\sqrt{2\varepsilon_g N_A \Psi_B}}{C_A},$$

де Ψ_B — поверхневий потенціал на поверхні збідненого шару; ε — діелектрична проникливість напівпровідника; N_A — концентрація акцепторних домішок; C_A — питома ємність підзаслінного шару діелектрика.

Зміна порогової напруги під дією радіації може зумовлюватися процесами накопичення заряду в об'ємі підзаслінного діелектрика, та зміною заряду поверхневих станів на межі розподілу діелектрик—напівпровідник [5]. Позитивний заряд, який накопичується в підзаслінних шарах, сприяє індукуванню електронів в каналі МОН-транзистора з каналом n -типу за менших напруг на заслоні. Цей же позитивний заряд в транзисторах з p -каналом, навпаки, приводить до збіднення каналу і тому порогова напруга зміщується в сторону негативних значень, тобто зростає за абсолютною величиною. Виходячи з вищенаведеного, ефективну зміну порогової напруги МОН-транзистора під дією радіації можна визначити за виразом [7]

$$\Delta U_n = \Delta U_n^1 \left[\exp\left(-\frac{D}{D_1}\right) - 1 \right] + \Delta U_n^2 \left[\exp\left(-\frac{D}{D_2}\right) - 1 \right],$$

де ΔU_n^1 , ΔU_n^2 — зміна порогової напруги при насиченні, зумовлена накопиченням заряду в підзаслінному діелектрику та зміною заряду поверхневих станів на межі розподілу діелектрик—напівпровідник; $\frac{1}{D_1}$, $\frac{1}{D_2}$ — швидкості зміни відповідних процесів.

Зміна заряду поверхневих станів у разі опромінення призводить до додаткового розсіювання носіїв заряду, зменшуючи їх рухливість і крутість СЗХ, що необхідно враховувати під час розрахунку параметрів елементів фізичної моделі комірки пам'яті.

Дослідження радіаційної стійкості транзисторів до іонізуючих опромінь (ІО) проводилося шляхом побудови характеристик залежності зміни порогової напруги від накопиченої дози. Напруга на електроді заслони транзисторів при радіаційному впливі дорівнювала 3 В. Опромінення проводилося рентгенівським джерелом з потужністю дози ІО 200 рад/с у діапазоні до 2 Мрад. Дозову залежність у першому наближенні можна описати співвідношенням

$$\Delta V_t = \Delta V_n (1 - D),$$

де D — накопичена доза ІО.

Для кількісного порівняння показників стійкості на підставі наведеної залежності зручно ввести два параметри: чутливість порогової напруги за малих доз $\gamma = \Delta V_n a$, і гранична зміна порогової напруги ΔV_n .

У ході дослідження виявлено, що радіаційне поведіння досліджуваних транзисторів визначається переважно схованим окислом. Гранична зміна порогової напруги транзистора з каналом n -типу не залежить від наявності флуору й становить у середньому не більше 0,3 В, що свідчить про гарну радіаційну стійкість підзаслінного окислу. Середні чутливості порогової напруги і середні значення граничної зміни порогової напруги транзистора з каналом p -типу ΔV_n наведені в табл. 2.

Дані табл. 2 свідчать про зменшення чутливості порогової напруги у флуорового транзистора з каналом p -типу. Незважаючи на те, що значення граничної зміни порогової напруги у двох випадках приблизно однакове, і через те, що порогова напруга у флуорового транзистора вище граничної зміни, транзистор з каналом p -типу, легований флуором, не відкривається у разі як завгодно великих доз ІО.

Порівняльні характеристики радіаційної стійкості флуорових і нефлуорових *n*-МОН структур

Тип транзистора	Параметр	З флуором	Без флуору
Транзистор з каналом <i>p</i> -типу	Середня порогова напруга, В	2,98	2,44
	Середня чутливість порогової напруги u , В/крад	0,140	0,167
	Середнє значення граничної зміни порогової напруги, ΔU_{IB} , В	2,82	2,85

Таким чином, іонна імплантація флуором робочого шару нітриду Si, може застосовуватися для збільшення радіаційної стійкості до ІО КМОН ІМС. Запропонований метод не погіршує робочі характеристики транзистора з каналом *n*-типу.

У результаті проведених досліджень отримані діючі зразки КМОН схем, що зберігають працездатність за рівня радіаційного навантаження більше 1 Мрад.

Наведені результати свідчать про те, що застосування іонної імплантації флуора в поверхневий підзаслінний шар напівпровідника, які в подальших термічних обробках дифундують в підзаслінний шар нітриду Si, сприяє підвищенню радіаційної стійкості.

З метою подальшого підвищення радіаційної стійкості *n*-канального транзистора пропонується окрім іонної імплантації флуором, на етапі формування областей стоку і витoku *p*-канального транзистора, сформувати охоронне кільце *p*-типу під локальним шаром діелектрика, яке практично контактує з областями стоку та витoku *n*-канального транзистора. При цьому концентрація акцепторних домішок не повинна перевищувати 10^{17} см^{-3} . Це пов'язано з тим, що зі збільшенням концентрації домішок зменшується пробивна напруга стоку, хоча, враховуючи, що транзистори в інтегральних схемах працюють в мікрорежимах, цей недолік є несуттєвим. Для підвищення радіаційної стійкості до доз 10^4 рад і більше пропонується охоронні зони формувати на деякому віддаленні від зон стоку та витoku *n*-канального транзистора. Така структура показана рис. 4. При цьому концентрація акцепторних домішок може становити 10^{15} см^{-3} і більше. За таких концентрацій домішок інверсія поверхні кремнію під підзаслінним шаром діелектрика повністю виключається під дією доз опромінення 10^6 рад і більше.

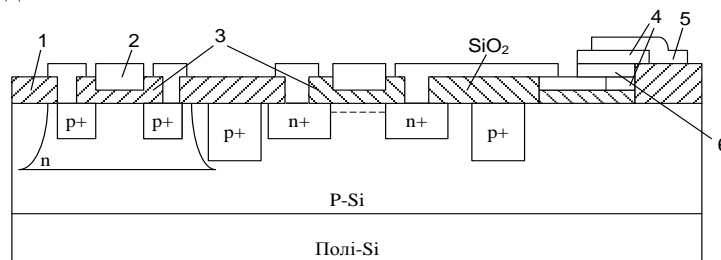


Рис. 4. Структура радіаційно стійкої комірки пам'яті на базі КМОН-технології з використанням охоронних *p*-шарів: 1 — плівка SiO₂; 2 — металеві заслони; 3 — плівка Si₃N₄; 4 — плівки молибдена; 5 — плівка Al; 6 — плівка XCN

На завершення побудуємо фізичну модель комірки пам'яті на базі КМОН-технології. При цьому будемо розглядати лише праву частину структури, оскільки з лівої сторони розміщується МОН транзистор з каналом *p*-типу, і його структура не відрізняється від звичайного МОН-транзистора. Фізична модель комірки пам'яті показана на рис. 5.

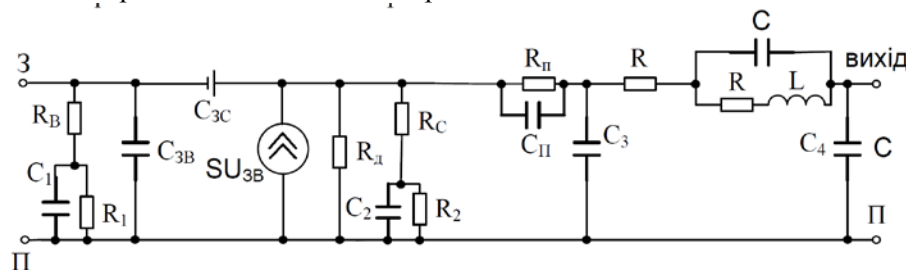


Рис. 5. Фізична модель комірки пам'яті на базі XCN з використанням КМОН-технології: R_B — опір області витoku; C_{3B} — вхідна ємність між заслоном і витоком; S — крутість C_{3X} ; R_d — динамічний опір МОН-транзистора; R_B — опір витoku; C_{CB} — вихідна ємність; R_{II} — опір лінії, яка з'єднує стік транзистор з XCN; C_{II} — ємність, яка утворюється між металевою плівкою і шаром напівпровідника, розділених діелектриком SiO₂; C_1 — ємність між молибденовою плівкою та шаром напівпровідника, розділених плівкою SiO₂; $R_1 R_2 LC_3$ — елементи XCN; C_2 — ємність плівки SiO₂, розміщеної між двома молибденовими плівками; $R_{II} C_{II} R_{II} C_{II}$ — ємності і опори переходів n^+ -р витoku і стоку

Перша ємність є дифузійною, друга — бар'єрна ємність переходу. Запропонована фізична модель враховує всі паразитні елементи комірки пам'яті. В залежності від вимог, частотного діапазону та інших факторів, окремими елементами можна нехтувати. До таких елементів можна віднести $R_{П}C_{П}C_2$.

В наведеній фізичній моделі від дози опромінення залежать крутість СЗХ, рухливість носіїв заряду, струм стоку, а також ємності переходів і опори відповідних шарів. Залежність крутості СЗХ можна розрахувати за виразом [7]

$$S(D) = \frac{S_0}{1 + jN_{ПС} \left[1 - \exp\left(\frac{-D}{D_{ПС}}\right) \right]},$$

де $S_0 = \frac{\mu C_0 W}{L(1 + \eta)}$ — питома крутість СЗХ за відсутності ІО; $N_{ПС}(-D)$ — залежність щільності

поверхневих станів від дози ІО; $\frac{1}{D_{ПС}}$ — швидкість зміни щільності поверхневих станів; j — коефіцієнт пропорційності; W, L — ширина і довжина каналу; η — коефіцієнт впливу підкладки.

Зміна відповідних опорів визначається швидкістю зміни щільності поверхневих станів та рухливості носіїв заряду, яка зі збільшенням щільності поверхневих станів, зменшується. Залежність рухливості від дії радіації можна розрахувати за виразом

$$\mu(D) = \frac{\mu_0}{1 + jN_{ПС} \left[1 - \exp\left(\frac{-D}{D_{ПС}}\right) \right]},$$

де μ_0 — рухливість носіїв заряду за відсутності ІО.

В розрахунках враховувалась залежність питомої крутості СЗХ та опорів відповідних зон від рухливості носіїв заряду.

Залежність ємностей фізичної моделі КМОН ІМС від накопиченої дози досліджувалась в роботі [2], аналіз якої показує, що цю залежність можна розрахувати за виразом

$$C(D) = C_0(1 - \gamma D),$$

де C_0 — питома ємність за відсутності ІО; γ — коефіцієнт пропорційності; D — накопичена доза.

Висновки

Запропоновані структури комірок пам'яті на базі ХСН, в яких елементами розв'язки служать МОН-транзистори, для збільшення радіаційної стійкості яких використовується іонна імплантація флуору в напівпровідникову пластину перед нанесенням підзаслінного шару діелектрика.

Для підвищення радіаційної стійкості, зниження порогової напруги та рівня власних шумів, як підзаслінний шар використовується нітрид Si — Si_3N_4 та вводиться додаткове охоронне кільце p^+ типу.

Розроблена фізична модель комірки пам'яті на базі ХСН, яка враховує конструктивно технологічні особливості, та наведено залежність параметрів від дози опромінення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] А. И. Белоус, и С. В. Шведов, *Космическая электроника*. Москва: Техносфера, 2015, 696 с.
- [2] Ф. П. Коршунов, Ю. В. Богатырев, А. И. Белоус, С. В. Шведов, и В. С. Малышев, «Радиационные эффекты в элементах субмикронных КМОП интегральных схем», *Доклады БГУИР*. Минск, 2011.
- [3] В. К. Кириленко, В. М. Мар'ян, М. О. Дуркот, та В. М. Рубіш, «Дослідження аморфних халькогенідних матеріалів елементів пам'яті на основі фазових переходів», *Регістрація, зберігання і обробка даних*, т. 16, № 2, с. 7-13, 2014.
- [4] К. О. Петросянц, Л. М. Самбурской, и И. А. Харитонов, «Компактная макромодель КНИ/КНС МОП-транзистора, учитывающая радиационные эффекты», *Известия вузов. Электроника*, № 1(87), 2011.
- [5] К. И. Таперо, В. Н. Улимов, и А. М. Членов, *Радиационные эффекты в кремниевых интегральных схемах космического применения*. Москва, 2009.

[6] В. В. Баранов, А. В. Прибыльский, «Методы повышения устойчивости КМОП БИС к внешним воздействиям,» Доклады БГУИР, т. 1, № 1, с. 102-106, 2003.

[7] А. П. Лазарь, и Ф. П. Коршунов, «Моделирование радиационной стойкости элементов логических КМОП интегральных микросхем,» Доклады БГУИР, № 5, с. 17-23, 2013.

Рекомендована кафедрою телекомунікаційних систем та телебачення ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 25.07.2019

Кичак Василь Мартинович — д-р техн. наук, професор, декан факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, e-mail: vmkychak@gmail.com ;

Слободян Іван Володимирович — асистент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, e-mail: slobodyan.i.v@vntu.edu.ua ;

Вовк Віктор Леонідович — студент факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, e-mail: vityavovk5@gmail.com .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

V. M. Kychak¹
I. V. Slobodyan¹
V. L. Vovk¹

Improvement of Radiation Stability of Energy-dependent Storage Devices Based on Chalcogenide Glassy Semiconductors

¹Vinnitsia National Technical University

The work is aimed at increasing the radiation resistance of storage devices, which are one of the main elements in the construction of information processing systems.

The proposed structure of a radiation-resistant memory cell, in which a film of a chalcogenide vitreous semiconductor is used as a switching element, and a unipolar transistor serves as a decisive element. The switching element is resistant to radiation, and the radiation stability of a unipolar transistor is several orders of magnitude lower. Therefore, a method for increasing the radiation stability of unipolar transistors is proposed. To eliminate the change in the parameters of unipolar transistors under the action of ionizing radiation on the processes occurring in the subgap layer of the dielectric and at the interface between silicon and silicon dioxide, it helps to accumulate a positive charge in the manufacture of such a transistor, prior to the high-temperature formation of the subgap layer of the dielectric, to conduct the subgap region of the semiconductor substrate ion implantation of fluorine, which diffuses into this layer. In addition, not silicon dioxide, but silicon nitride — Si_3N_4 is used as the sub-barrier layer of the dielectric, which also contributes to an increase in radiation stability.

A physical model of a memory cell based on chalcogenide glassy semiconductors has been developed, and analytical expressions have been proposed to calculate the dependence of the model parameters on the radiation dose.

Keywords: chalcogenide glassy semiconductors, radiation stability, dose of irradiation, non-volatile storage, access memory, phase transition, amorphous semiconductors, threshold voltage, physical model of the memory cell, switching delay time.

Kychak Vasyl M. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Dean of the Department of Information Communications, Radio Electronics and Nanosystems, e-mail: vmkychak@gmail.com ;

Slobodian Ivan V. — Assistant of the Chair of Telecommunication Systems and Television, e-mail: slobodyan.i.v@vntu.edu.ua ;

Vovk Viktor L. — Student of the Department of Information Communications, Radio Electronics and Nanosystems, e-mail: vityavovk5@gmail.com

В. М. Кичак¹
И. В. Слободян¹
В. Л. Вовк¹

Повышение радиационной устойчивости энергонезависимых запоминающих устройств на базе халькогенидных стеклообразных полупроводников

¹Вінницький національний технічний університет

Предложен способ повышения радиационной устойчивости запоминающих устройств, которые являются одними из основных элементов для построения систем обработки информации.

Предложена структура радиационно устойчивой ячейки памяти, в которой в качестве переключающего элемента используется пленка халькогенидного стекловидного полупроводника, а как элемент развязки использован униполярный транзистор. Переключающий элемент устойчив к действию радиации, а радиационная стойкость униполярного транзистора на несколько порядков ниже. Поэтому в работе предложен способ повышения радиационной устойчивости униполярных транзисторов. Для устранения изменения параметров униполярных транзисторов под действием ионизирующих облучений на процессы, происходящих в подзаслонном слое диэлектрика и на границе раздела кремния и диоксида кремния, что способствует накоплению положительного заряда, предлагается в процессе изготовления такого транзистора перед высокотемпературным формированием подзаслонного слоя диэлектрика в подзаслонную область полупроводниковой подложки проводить ионную имплантацию фтора, который диффундирует в этот слой. Кроме того, в качестве подзаслонного слоя диэлектрика используется не диоксид кремния, а нитрид кремния — Si_3N_4 , что также способствует повышению радиационной устойчивости.

Разработана физическая модель ячейки памяти на базе халькогенидных стеклообразных полупроводников и предложены аналитические выражения для расчета зависимости параметров модели от дозы облучения.

Ключевые слова: халькогенидные стекловидные полупроводники, радиационная устойчивость, энергонезависимая память, фазовые переходы, аморфные полупроводники, доза облучения, пороговое напряжение, физическая модель ячейки памяти, время задержки переключения.

Кичак Василий Мартынович — д-р техн. наук, профессор, декан факультета инфокоммуникаций, радиоэлектроники и наносистем, e-mail: vmkuchak@gmail.com ;

Слободян Иван Владимирович — ассистент кафедры телекоммуникационных систем и телевидения, e-mail: slobodyan.i.v@vntu.edu.ua ;

Вовк Виктор Леонидович — студент факультета инфокоммуникаций, радиоэлектроники и наносистем, e-mail: vityavovk5@gmail.com