УДК 621.3.04977.001

Радіаційностійкий запам'ятовуючий пристрій на базі халькогенідного склоподібного напівпровідника

Кичак В. М., Слободян І. В., Вовк В. Л.

Вінницький національний технічний університет

E-mail: *ivan.slobodyan.1989@ukr.net*

Запропоновано структуру комірки пам'яті, в якій як елемент розв'язки, використовується тонкоплівковий польовий транзистор (ТПТ) з бар'єром Шотткі на базі аморфного напівпровідника (АН), а як перемикаючий елемент - плівка халькогенідного склоподібного напівпровідника. Розроблена фізична модель комірки пам'яті. Проведено дослідження залежності параметрів транзистора та комірки пам'яті від дози опромінення потоком нейтронів та γ – квантів. Показано, що при зміні дози опромінення потоком нейтронів крутість стік-заслінної характеристики (СЗХ) зменшується на 10% при дозах порядку 10^{15} н/с, в той же час коефіцієнт передачі біполярного $n-p-n$ транзистора зменшується на 20% вже при дозах 10^{13} н/с, що свідчить про значне підвищення радіаційної стійкості запропонованої комірки пам'яті. При опроміненні γ – квантами в діапазоні до 2,6 Мрад крутість СЗХ запропонованої структури змінюється лише на 10%. У випадку використання, як елемента розв'язки - ТПТ з ізольованим заслоном, крутість СЗХ зменшується на 50%. Показано, що струм запису інформації запропонованої структури при зміні дози потоку γ – квантів до 2,6 Мрад змінюється приблизно на 10%, в той же час, у випадку застосування ТПТ з ізольованим заслоном, струм запису інформації змінюється на 50%. Проведене дослідження залежності струму заслону від дози опромінення γ–квантами. При зміні дози опромінення від 0 до 2,6 Мрад струм заслону змінюється лише на 10%, що свідчить про високу стійкість запропонованої структури до дії проникної радіації.

Ключові слова: аморфний напівпровідник; халькогенідні склоподібні напівпровідники; радіаційна стійкість; комірка пам'яті; доза опромінення; γ – кванти; плівковий польовий транзистор; перехід Шотткі

DOI: 10.20535/RADAP.2020.80.79-84

Вступ

Важливою умовою при проектуванні радіоелектронних систем військового та космічного призначення є забезпечення високої стійкості до дії проникаючої радіації, іонізуючих опромінень та інших зовнішніх впливів [1, 2].

Відомо, що при дії проникаючої радіації на напівпровідникові електронні компоненти, які виготовляються на базі монокристалевих напівпровідників, має місце утворення великої кількості дефектів за рахунок чого зростає електропровідність, що приводить до їх руйнування [3, 4]. У випадку аморфних напівпровідників (АН), де має місце велика ступінь розупорядкованості атомів, дія проникаючої радіації суттєво не впливає на їх електропровідність і тому забезпечується висока радіаційна стійкість, яка на 2-3 порядки перевищує радіаційну стійкість компонентів на базі монокристалевих напівпровідників [5, 6].

В праці [7] запропоновано енергонезалежний запам'ятовуючий пристрій на базі халькогенідного склоподібного напівпровідника (ХСН), який являє собою з'єднання перемикаючого елемента на базі ХСН і елемента розв'язки, реалізованого на базі уніполярного транзистора з ізольованим заслоном та запропоновано шляхи підвищення радіаційної стійкості елемента.

Проте запропоновані методи підвищення радіаційної стійкості елемента розв'язки на базі уніполярного транзистора дають можливість отримати такі ж результати, як і у випадку застосування біполярних транзисторів з діелектричною ізоляцією. Тому доцільно розробляти структури, які б дали можливість суттєво підвищити радіаційну стійкість.

У зв'язку з цим, метою цієї праці є розробка структури комірки пам'яті, в якій перемикаючий елемент і елемент розв'язки виготовляються на базі АН, що дає можливість підвищити радіаційну стійкість, дослідити її вплив на крутість стік-заслінної характеристики (СЗХ) тонкоплівкового польового

транзистора (ТПТ), струми запису та читання інформації.

1 Розробка структури та фізичної моделі комірки пам'яті на базі АН

Структура елементарного запам'ятовуючого пристрою (ЗП, комірки пам'яті) з використанням як перемикаючого елемента – ХСН, а як елемента розв'язки - ТПТ з заслоном Шотткі на базі АН наведена на рис. 1.

Комірка пам'яті являє собою прозору підкладку 1 із скла, на поверхню якої нанесено шар АН 2, частина якого стравлюється та проводиться локальне окислення, в результаті якого формується плівка діоксиду кремнію 8. На поверхні плівки АН формується електрод витоку 3, заслона 4 та стоку 5. Електрод стоку частково розміщується на поверхні діоксиду кремнію 8. Після формування електродів здійснюється локальне нарощення плівки ХСН 6 на поверхні частини електроду стоку (електрод запису інформації). На наступному етапі формується електрод ХСН 7 (електрод читання інформації). Для виготовлення електродів ТПТ, та плівки ХСН використовуються шари молібдену. Це забезпечує зменшення порогової напруги ТПТ та надійний контакт із плівкою ХСН.

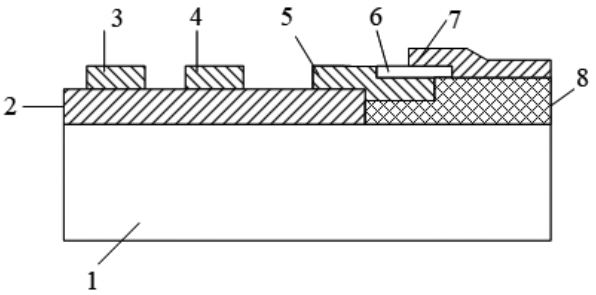

Рис. 1. Структура комірки пам'яті на базі АН

Особливістю наведеної структури ЗП є застосування як елемента розв'язки тонкоплівкового транзистора, в якому бар'єри Шотткі утворюються на межі розподілу металевих заслону, витоку і стоку з АН.

Для оцінювання параметрів і характеристик запам'ятовуючого пристрою на базі АН доцільно побудувати фізичну модель структури, наведеної на рис. 1. Фізична модель повинна відображати еквівалентну схему тонкоплівкового транзистора, особливості його структури та еквівалентну схему елемента перемикання. З урахуванням цього фізична модель елементарного запам'ятовуючого пристрою наведена на рис. 2.

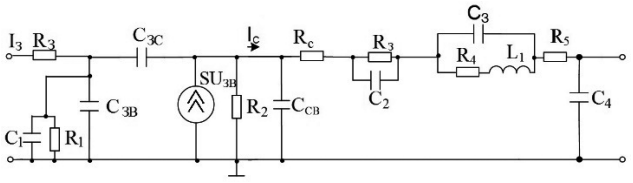

Рис. 2. Фізична модель елементарного запам'ятовуючого пристрою

На рис. 2 $R_З$ – опір молібденового електроду заслону; C_1 і R_1 – ємність і опір переходу Шотткі заслону; $C_{ЗВ}$ – вхідна ємність транзистора; $C_{ЗС}$ – прохідна ємність транзистора; S – крутість стік-заслінної характеристики; $C_{СВ}$ – вихідна ємність транзистора; R_C – опір молібденового електроду стоку; R_2 – динамічний опір транзистора; R_3, C_2 – опір і ємність ХСН; R_4, C_3, L_1 – опір, ємність та індуктивність еквівалентної схеми перемикаючого елемента; R_5 – опір переходу Шотткі стоку; C_4 – міжелектродна ємність стоку.

2 Дослідження запам'ятовуючих пристроїв на базі ХСН

Одним із основних параметрів ЗП є струм, що протікає через ЗП в режимі запису логічної «1», струм, що протікає в режимі читання та опор в низькоомному стані, який відповідає «1» і опір у високоомному стані, що відповідає «0». Для розрахунку цих параметрів необхідно визначити струми, які повинні протікати через елемент розв'язки у відповідних режимах.

Залежність струму стоку ТПТ від напруги на стоці та заслоні визначається за виразом [9]:

$$I_C = \frac{Z\mu_n C_1}{l}\left\{\left(U_{ЗВ} - 2\varphi_B - \frac{U_{СВ}}{2}\right)U_{СВ} - \right.$$
$$\left. - \frac{2}{3}\frac{\sqrt{2\varepsilon q N_a}}{C_1} \times \left[(U_{СВ} + 2\varphi_B)^{3/2} - (2\varphi_B)^{3/2}\right]\right\}, \quad (1)$$

де Z, l – ширина та товщина каналу, μ_n - рухливість носіїв заряду, C_1 - питома ємність переходу АН – заслін, ε – діелектрична проникливість плівки АН, φ_B - величина вбудованого потенціалу, N_a - концентрація носіїв заряду в плівці АН.

В нашому випадку струм стоку визначає струм, який протікає через запам'ятовуючий елемент в режимі запису «1». При читанні інформації імпульс подається на заслін транзистора. Величину струму заслону можна розрахувати використовуючи вираз для ВАХ контакту металу з плівкою АН [10]:

$$j_з = j_0(e^{gU_{зв}/KT} - 1), \quad (2)$$

де j_0 – щільність струму екстракції, величину якого можна розрахувати за виразом:

$$j_0 = AN_C D_n g_0 \sqrt{B}\,\frac{exp\,-^{gU_{bn}}/kT}{1 - exp(-A)}, \quad (3)$$

де $A = \frac{0.77g(\varphi_B - U_{зв})}{kT}$, $B = \frac{e^2 g}{\varepsilon\varepsilon_0\varphi_B}$, N_C – щільність станів на енергетичному рівні з енергією E_C, φ_B - величина вбудованого потенціалу, D_n – коефіцієнт дифузії електронів, g_0 – щільність локалізованих станів, U_{bn} - висота бар'єра Шотткі.

Найбільш важливим параметром ТПТ, на який впливає нейтронне опромінення, є крутість СЗХ. Експериментальні дослідження показують, що значення крутості СЗХ зв'язано з величиною потоку нейтронів таким співвідношенням:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{S_0} - \frac{\tau_k \phi}{k}, \qquad (4)$$

де τ_k - час проходження носіями заряду каналу, c; ϕ - потік нейтронів, н/см^2; k – постійна, яка визначається експериментально, допускається $k = 10^6$ н/с · см^2.

Використовуючи вираз (4) залежність крутості стік-заслінної характеристики від дози потоку нейтронів можна визначати за виразом:

$$S = \frac{S_0 k}{k + \tau_0 \phi S_0}. \qquad (5)$$

При розрахунках використовувались такі вихідні дані: $\tau_k = 10^{-10} c$, коефіцієнт пропорціональності k, який є функцією багатьох параметрів, допускався рівним 10^6 н/с · см^2.

Залежність крутості СЗХ від дози нейтронного опромінення наведено на рис. 3. Результати отримано на основі розрахунків виразу (3) у MathCAD v.14. Графіки побудовано у Microsoft Excel та додано підписи у графічному редакторі.

Похибка розрахунків параметра S становить 0,5%, із-за наявності у формулі експериментальної величини k. Похибка експериментальних результатів не вище 5% [11].

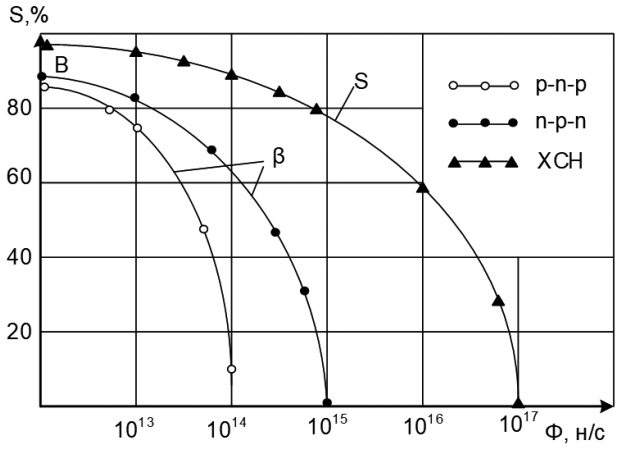

Рис. 3. Залежність крутості СЗХ та коефіцієнта передачі β від дози потоку нейтронів

Для порівняння тут же наведено графік залежності коефіцієнта передавання по струму β для біполярного $n-p-n$ та $p-n-p$ транзисторів, взяті із літературних джерел [11]. Порівняння цих графіків показує, що при дозах більше 10^{13} н/с коефіцієнт передачі біполярного транзистора суттєво зменшується, що свідчить про втрату працездатності. В той же час крутість СЗХ тонкоплівкового транзистора на базі АН різко зменшується лише при дозах опромінення вище 10^{16} н/с.

Аналіз виразу для струму стоку (1), який визначає струм запису логічної «1» показує, що його величина залежить від рухливості носіїв заряду та концентрації заряду на поверхні АН, або щільності поверхневих станів. Тому доцільно оцінити залежність щільності поверхневих станів та рухливості носіїв заряду від дози опромінення. Для монокристалевих напівпровідників залежність щільності поверхневих станів від дози опромінення γ - квантами визначається за виразом [10].

$$N_C(D) = N_c^l \left(1 - exp - \frac{D}{D_m}\right), \qquad (6)$$

де N_c^l - щільність поверхневих станів при роботі транзистора в режимі насичення, $\frac{1}{D_m}$ - швидкість накопичення зарядів на поверхні АН.

На відміну від ТПТ з ізольованим заслоном тут не враховуються процеси зміни поверхневих станів на межі розподілу підзаслінний шар – напівпровідник, який є одним із головних, що суттєво впливає на параметри транзистора при дії опромінень.

Відомо, [11] що рухливість носіїв заряду ХСН значно нижча рухливості носіїв заряду в монокристалічних напівпровідниках і тому швидкість накопичення зарядів на поверхні АН буде значно меншою, а відповідно і дія опромінення тут буде проявлятися при більш високих дозах. Залежність рухливості носіїв заряду від опромінюючої дози можна розрахувати за виразом, аналогічним (4):

$$\mu = \frac{\mu_0}{1 + \gamma \cdot N_c^l \cdot (1 - exp\frac{D}{D_m})}, \qquad (7)$$

де μ_0 - рухливість носіїв заряду при відсутності опромінення; γ - коефіцієнт пропорційності.

При оцінюванні залежності крутості СЗХ від дії опромінення γ - квантами враховувалось, що на відміну від звичайних МОН – транзисторів, де суттєві зміни проходять за рахунок накопичення заряду в об'ємі підзаслінного діелектрика, у випадку ТПТ має місце зміна поверхневих станів на межі розподілу АН – метал. Оскільки в АН має місце суттєва розупорядкованість атомів ця зміна є незначною. При значних дозах поверхневі стани, що утворюються, приводять до розсіювання носіїв заряду в каналі та до зменшення їх рухливості.

За рахунок цього буде змінюватись порогова напруга та зменшуватись крутість СЗХ, а відповідно і струм запису інформації.

На рис. 4 приведені дозові залежності крутості СЗХ, струму запису логічної «1» та струму заслону від опромінюючої дози γ - квантами. Для порівняння на цих графіках наведені аналогічні залежності

цих же параметрів для звичайного МОН – транзистора, взяті з [10]. Аналіз наведених результатів показує, що при збільшенні дози опромінення крутість СЗХ ТПТ на базі АН змінюється в незначних межах (до 10%), в той же час у випадку МОН – транзисторів вона зменшується майже удвічі. Аналогічно струм стоку (запису логічної «1») зростає для транзистора на базі АН приблизно на 10%, а для МОН – транзистора майже у два рази. Такий хід характеристик зумовлений тим, що при дії γ - опромінень, у випадку МОН – транзисторів, зростає щільність поверхневих станів на межі розподілу діелектрик – напівпровідник та має місце накопичення заряду в об'ємі підзаслінного діелектрика.

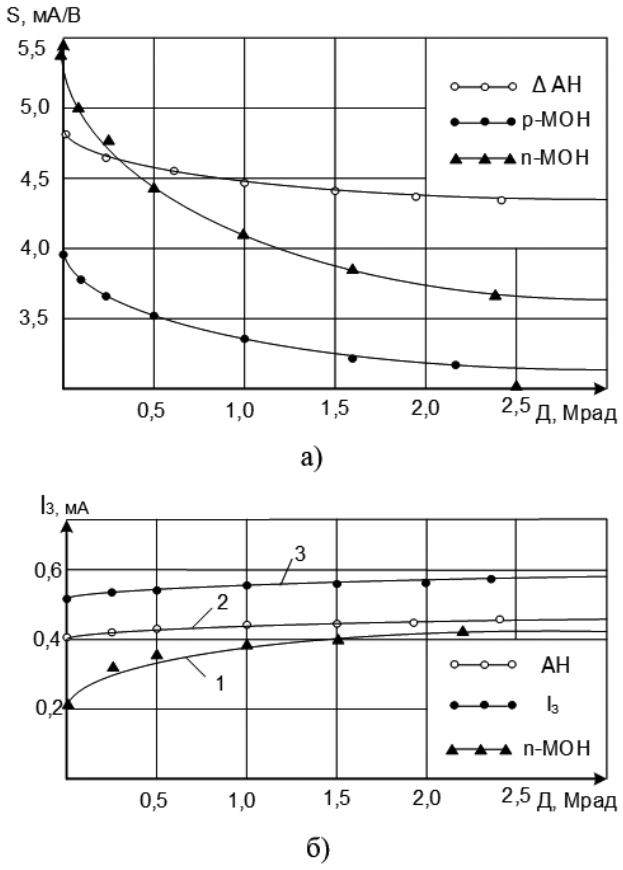

Рис. 4. Залежність крутості СЗХ (а) та струму запису «1» і струму заслону (б) від дози опромінення γ – квантами

У випадку транзистора на базі АН має місце незначне накопичення заряду лише на межі розподілу метал – АН і рухливість носіїв заряду значно нижча тому суттєвого збільшення струму і зменшення крутості СЗХ не проходить при відносно малих дозах.

Струм заслону з ростом дози опромінення мало змінюється. Незначне збільшення обумовлено тим, що має місце збільшення щільності локалізованих станів, яке частково компенсується зменшенням рухливості носіїв заряду та коефіцієнта дифузії, залежність якого від дози опромінення визначається за виразом, аналогічним (5).

При проведені розрахунків використовувались такі вихідні дані: $l = 4$ мкм, $Z = 2$ мкм, $C_1 = 1$ пф, $\varepsilon = 3$, $N_C = 10^{15}\frac{1}{\text{см}^3}$, $N_a = 10^8\frac{1}{\text{см}^3}$, $g_0{=}10^{17}eB^{-1}\text{см}^{-3}$, $\mu{=}4 \cdot 10^{-2}\frac{\text{см}^2}{\text{в}\cdot c}$, $\gamma{=}10^6\frac{\text{н}}{c\cdot\text{см}^2}$.

При цьому враховувалась лише залежність щільності поверхневих станів і рухливості носіїв заряду від дози опромінення.

Дослідження залежності провідності монокристалевих напівпровідників від дози опромінення γ - квантами та потоком нейтронів, виконані рядом авторів, показують що зміна провідність має місце при дозах порядку 10^5 Мрад/с та 10^{16} н/с. Для АН зміна провідності має місце при дозах на 2-3 порядки вищих, тому вплив проникаючої радіації на параметри елемента перемикання на базі ХСН тут не досліджувались, оскільки основним чутливим елементом є транзистор.

Висновки

1. Запропоновано структуру комірки пам'яті в якій як елемент розв'язки використовується тонкоплівковий польовий транзистор на базі АН, а перемикаючий елемент – на базі халькогенідного склоподібного напівпровідника, що дає можливість підвищити радіаційну стійкість запам'ятовуючих пристроїв на базі такої комірки.

2. Запропонована фізична модель комірки пам'яті, яка враховує фізичні параметри тонкоплівкового польового транзистора на базі АН, параметри елемента перемикання, опори та ємності ліній зв'язку і переходів Шотткі. Це дозволяє моделювати фізичні процеси у комірці пам'яті на зразок схеми електричної принципової, будувати ВАХ без розрахунків, чим якісно відрізняється від відомих математичних моделей.

3. Проведено дослідження залежності крутості стік-заслінної характеристики, струму запису логічної «1» та струму заслону від дози опромінення γ – квантами та потоком нейтронів. Проведені порівняння з аналогічними залежностями для приладів на базі монокристалевих напівпровідників показують, що застосування аморфних напівпровідників для побудови елементів пам'яті забезпечує підвищення радіаційної стійкості.

Перелік посилань

1. Белоус А.Н. Космическая электроника / А.Н. Белоус, В.А. Солодуха, С.В. Шведов // Монография в двух частях: Москва: Техносфера. - 2015. – 696 с.

2. Prinzie J. Optimal Physical Implementation of Radiation Tolerant High-Speed Digital Integrated Circuits in Deep-Submicron Technologies / Jeffrey Prinzie, Karel Appels, Szymon Kulis // Electronics. - 2019. - Vol. 8, No. 4. - pp. 432. doi: 10.3390/ electronics8040432

3. Kyungsoo Jeong Radiation-Hardened Instrumentation Amplifier for Sensor Readout Integrated Circuits in Nuclear Fusion Applications / Kyungsoo Jeong, Duckhoon Ro, Gwanho Lee, Myounggon Kang and Hyung-Min Lee // Electronics. – 2018. – Vol.7, No. 12. – pp. 429. doi: 10.3390/electronics7120429

4. Bjorn Van Bockel Radiation Assessment of a 15.6 ps Single-Shot Time-to-Digital Converter in Terms of TID / Bjorn Van Bockel, Jeffrey Prinzie and Paul Leroux // Electronics. - 2019. - Vol. 8, No. 5. - pp. 558, doi: 10.3390/ electronics8050558

5. Wong H.-S. P. Phase Change Memory / H.-S. Philip Wong et al. // Proceedings of the IEEE. – 2010. – Vol. 98, No 12. – pp. 2201-2227.

6. Rajendran B. Phase change memory technology [Електронний ресурс] / Bipin Rajendran [et al.] / IBM Research. – 2009. Режи доступу: http://www.itrs.net/ITWG/Beyond_CMOS/2010Memory_April/Proponent/NanowirePCRAM.pdf

7. Кичак В.М. Підвищення радіаційної стійкості енергонезалежних запам'ятовуючих пристроїв на базі халькогенідних склоподібних напівпровідників / В.М. Кичак, І.В. Слободян, В.Л. Вовк // Вісник вінницького політехнічного інституту. - 2019. - № 4 (145). – с.116-123.

8. Мамедов А.К. Расчет тонкопленочных транзисторов с затвором Шоттки на основе аморфного полупроводника / А.К. Мамедов, Э.А. Алескеров, В.В. Ковальчук // Технология и конструирование в електронной аппаратуре. - 2003. - №2. - с. 18-21.

9. Зи С. Физика полупроводниковых приборов / С. Зи . - М. : Мир, 1984. – 456 с.

10. Лазар А.П. Моделирование радиоционной стойкости элементов логических КМОП интегральных микросхем / Лазар А.П., Коршунов Ф.П. // Доклады БГУИР. - 2013. - № 5 (75).

11. Попович А. Халькогенидная энергонезависимая память CRAM / А. Попович // Компоненты и технологии. – 2010. – № 2 (103). – с.52–54.

References

[1] Belous A.N., Solodukha V.A. and Shvedov S.V. (2015) *Kosmicheskaya elektronika* [Space electronics], Moskow, Tekhnosfera, 696 p.

[2] Prinzie J., Appels K. and Kulis S. (2019) Optimal Physical Implementation of Radiation Tolerant High-Speed Digital Integrated Circuits in Deep-Submicron Technologies. *Electronics*, Vol. 8, Iss. 4, pp. 432. DOI: 10.3390/electronics8040432

[3] Jeong K., Ro D., Lee G., Kang M. and Lee H. (2018) A Radiation-Hardened Instrumentation Amplifier for Sensor Readout Integrated Circuits in Nuclear Fusion Applications. *Electronics*, Vol. 7, Iss. 12, pp. 429. DOI: 10.3390/electronics7120429

[4] Bockel B.V., Prinzie J. and Leroux P. (2019) Radiation Assessment of a 15.6ps Single-Shot Time-to-Digital Converter in Terms of TID. *Electronics*, Vol. 8, Iss. 5, pp. 558. DOI: 10.3390/electronics8050558

[5] Wong H.P., Raoux S., Kim S., Liang J., Reifenberg J.P., Rajendran B., Asheghi M. and Goodson K.E. (2010) Phase Change Memory. *Proceedings of the IEEE*, Vol. 98, Iss. 12, pp. 2201-2227. DOI: 10.1109/jproc.2010.2070050

[6] Rajendran B. (2009) *Phase change memory technology*, IBM Research. Available at: http://www.itrs.net/ITWG/Beyond_CMOS/2010Memory_April/Proponent/Nanowire%20PCRAM.pdf

[7] Kychak V.M., Slobodian I.V. and Vovk V.L. (2019) Improvement of Radiation Stability of Energy-dependent Storage Devices Based on Chalcogenide Glassy Semiconductors. *Visnyk of Vinnytsia Politechnical Institute*, Vol. 145, Iss. 4., pp.116-123. DOI: 10.31649/1997-9266-2019-145-4

[8] Mamedov A.K., Aleskerov E.A. and Koval'chuk V.V. (2003) Raschet tonkoplenochnykh tranzistorov s zatvorom Shottki na osnove amorfnogo poluprovodnika [Calculation of thin-film transistors with Schottky gate based on amorphous semiconductor], *Tekhnologiya i konstruirovanie v elektronnoi apparature*, No 2, pp. 18-21.

[9] Zi S. (1984) *Fizika poluprovodnikovykh priborov* [Physics of semiconductor devices], Moskow, Mir, 456 p.

[10] Lazar A.P. and Korshunov F.P. (2013) Radiation resistance simulation of logical cmos integrated circuits elements. *Doklady BGUIR*, Iss. 5(75). pp. 17-23.

[11] Popovich A. (2010) Khal'kogenidnaya energonezavisimaya pamyat' CRAM [Chalcogenide non-volatile CRAM memory], *Komponenty i tekhnologii*. No (103), pp. 52–54.

Радиационностойкое запоминающее устройство на базе халькогенидного стеклообразного полупроводника

Кычак В. М., Слободян И. В., Вовк В. Л.

Предложена структура ячейки памяти, в которой как элемент развязки, используется тонкопленочный полевой транзистор с барьером Шоттки на основе аморфного полупроводника, а как переключающий элемент - пленка халькогенидного стеклообразного полупроводника. Разработана физическая модель ячейки памяти. Проведено исследование зависимости параметров транзистора и ячейки памяти от дозы облучения потоком нейтронов и γ - квантов. Показано, что при изменении дозы облучения потоком нейтронов крутизна стокзатворной характеристики (СЗХ) уменьшается на 10% при дозах порядка 10^{15} н/с, в то же время коэффициент передачи биполярного $n{-}p{-}n$ транзистора уменьшается на 20% уже при дозах 10^{13} н/с, что свидетельствует о значительном повышении радиационной стойкости предложенной ячейки памяти. При облучении γ - квантами в диапазоне до 2,6 Мрад крутизна СЗХ предложенной структуры меняется лишь на 10%. В случае использования, как элемента развязки, полевого транзистора с изолированным затвором, крутизна СЗХ уменьшается на 50%. Показано, что ток записи информации предложенной структуры при изменении дозы потока γ- квантов до 2,6 Мрад изменяется примерно на 10%, в

то же время, в случае применения полевого транзистора с изолированным затвором, ток записи информации меняется на 50%. Показано зависимость тока затвора от дозы облучения γ - квантами. При изменении дозы облучения от 0 до 2,6 Мрад ток затвора меняется лишь на 10%, что свидетельствует о высокой устойчивости предложенной структуры к действию проникающей радиации.

Ключевые слова: аморфный полупроводник; халькогенидние стеклообразние полупроводники; радиационная стойкость; ячейка памяти; доза облучения; γ-кванты; пленочный полевой транзистор; переход Шоттки

Radiation-Resistant Memory Device Based on Chalcogenide Glassy Semiconductor

Kychak V. M., Slobodyan I. V., Vovk V. L.

A memory cell structure is proposed that uses a Schottky barrier thin film transistor based on an amorphous semiconductor as a junction element, and a chalcogenide glassy semiconductor film as a switching element. A physical storage cell model has been developed. The dependence of the transistor and memory cell parameters on the dose of neutron flux and γ - quanta was investigated. It is shown that when the dose of neutron irradiation is changed, the steepness of the drain-gate characteristic (DGC) decreases by 10% at a dose of the order of 10^{15} n/s, at the same time, the transfer coefficient of the bipolar $n-p-n$ transistor decreases by 20% already at doses of 10^{13} n/s, indicating a significant increase in the radiation resistance of the proposed memory cell. In the case of irradiation with γ-quanta in the range up to 2.6 Mrad, the steepness of the DGC of the proposed structure changes by only 10%. When used as an isolation element, a field-effect transistor with an insulated gate, the slope of the DGC is reduced by 50%, that it is bad result. It is shown that the current of recording information of the proposed structure when changing the dose of γ - quantum flux to 2.6 Mrad changes by about 10%, at the same time, in the case of using a field-effect transistor with an isolated cover, the information recording current changes by 50%. The study of the dependence of the gate current on the dose of γ – quanta is showed. When the radiation dose changes from 0 to 2.6 Mrad, the gate current changes only by 10%, which indicates the high resistance of the proposed structure to the action of permeable radiation.

Key words: amorphous semiconductor; chalcogenide glassy semiconductors; radiation resistance; memory cell; irradiation dose; γ - quanta; film transistor; Schottky junction