

УДК 621.382.8

Н.І. Іванців, П.І. Мельник, С.П. Новосядлий  
**Конструкторсько - технологічні особливості формування  
схем пам'яті з ультрафіолетовим і електричним  
стиранням на "FLASH" і "FLOTOX" комірках**

*Прикарпатський університет імені Василя Стефаника, Фізико-хімічний інститут.  
76025 м. Івано-Франківськ, вул. Шевченка 57*

В статті подані конструкторсько-технологічні особливості формування схем пам'яті на "Flash" і "Flotox" комірках з використанням системної технології мікросхемотехніки.

**Ключові слова:** схема пам'яті, "FLASH" і "FLOTOX" комірки, гарячі електрони, велика інтегральна схема, запам'ятовуючий пристрій.

*Стаття постуила до редакції 12.01.2001; прийнята до друку 27.03.2001*

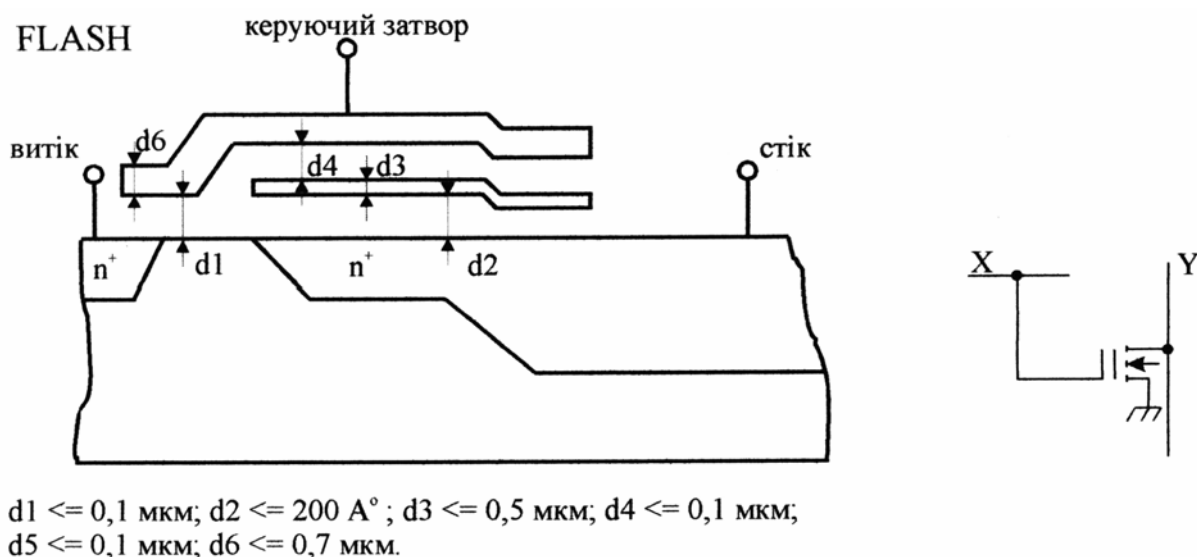
З розвитком засобів обчислювальної техніки і систем автоматики все більшого значення набувають репрограмовані запам'ятовуючі пристрої (ЗП), електрично програмовані з ультрафіолетовим (УФ) і електричним стиранням інформації. Із збільшенням інформаційної ємності, удосконаленням архітектури, технології формування структур, покращенням їх технічних характеристик, сфера їх використання значно розширюється [1]. Включення такої пам'яті в склад мікропроцесорних і мікроконтролерних систем реально дозволяє організувати банки пам'яті для збереження операційних систем стандартних і діагностичних програм, довідкових таблиць і даних, і є основою інформаційних технологій.

Репрограмовані ПЗП зберігають інформацію при відключенні джерела живлення. В залежності від елемента пам'яті, стирання може здійснюватися електричним і неелектричним способом. Відповідно їх називають ЕСППЗП (електрично стираючі програмовані ПЗП) і СППЗП. В СППЗП стирання здійснюється одночасно для всіх елементів накопичувача,

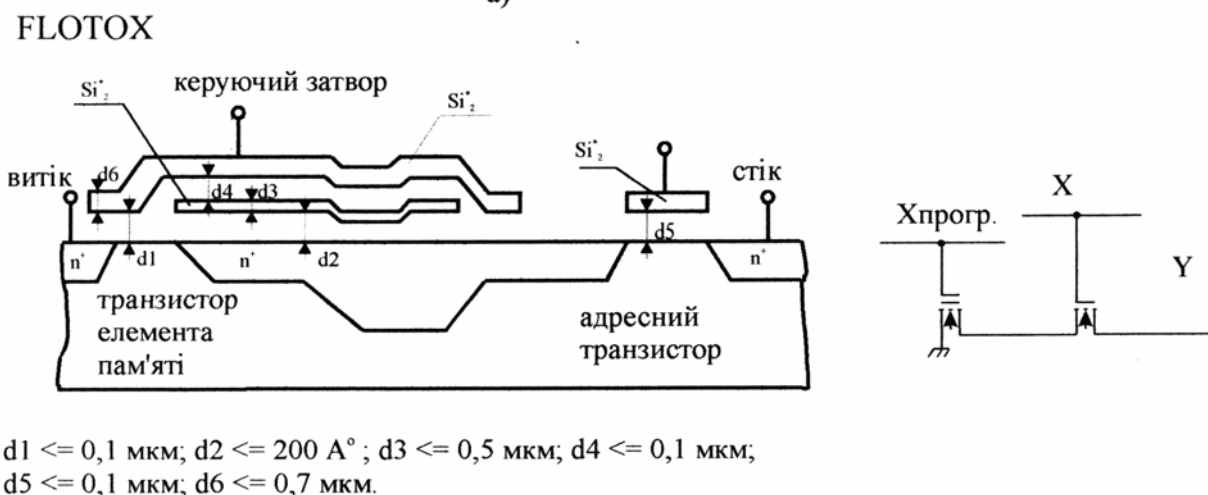
в ЕЗППЗП його можна виконати в окремому рядку і навіть в довільно вибраному елементі. Структура та електрична схема таких комірок пам'яті "Flash" і "Flotox" показана на рис.1.

Структура і еквівалентна схема СППЗУ на "Flash" -комірках показана на рис. 1а. В режимі програмування напруга на розрядній шині  $Y$  вибраного стовбця встановлюється високою напругою ( $U_y$  прогр=10-12В), якщо необхідно створити негативний заряд на плаваючому затворі, тобто  $U_y = 1В$ . В пролежному випадку  $U_y = 0$ . Напруга на шині вибраної строки (адресної шини) також встановлюється високою напругою, причому  $U_x$  прогр. $>U_y$  прогр. Сам процес програмування базується на канальній інжекції гарячих електронів в оксид біля стоку кінця каналу. Вони генеруються в сильному електричному полі  $E > 10^6 В/см$ .

Видалення електронів з плаваючого затвору проводиться опроміненням кристалу ультрафіолетовим світлом з довжиною хвилі  $\lambda = 2537 \text{ \AA}$ . В результаті електрон-фотонної взаємодії електрони дістають енергію, достатню для подолання потенційного бар'єру на границі розділу



а)



б)

Рис. 1. Структура "FLASH" і "FLOTOX" комірок пам'яті з ультрафіолетовим а) та електричним стиранням.

Si-SiO<sub>2</sub> і входять в Si-підложку під дією локального електричного поля.

Елементи ЕСППЗП на комірках "Flotox" (рис. 1, б) можуть програмуватися як з допомогою інжекції гарячих електронів, так і з допомогою тунельного ефекту. У другому випадку використовується підзатворний оксид  $<100 \text{ \AA}$ . Для стирання, як у першому, так і в другому випадку, використовують тунелювання, тобто перехід електронів з плаваючого затвору через діоксид затвору в Si-підложку завдяки тунельному ефекту. Колектором електронів, які поступають з плаваючого затвору, може бути полікремнієвий електрод стирання. Перевагою розглянутого елемента є

можливість стирання інформації в довільно вибраному елементі пам'яті за дуже малий проміжок часу ( $<1 \text{ мс}$ ). При цьому максимальне число циклів репрограмування досягає  $10^5$ - $10^6$ , що більше, ніж для елементів, які використовують інжекцію гарячих електронів.

Такі комірки пам'яті потребують [2, 3]:

- високоякісного підзатворного діелектрика з електричною міцністю  $E > 10^6 \text{ В/см}$ ;
- високої стабільності як локальної, так і міжшарової ізоляції та високої планаризації поверхні ( $> 65^\circ$ );
- корозійно і електрично-міграційно стійкої розводки та алюмінієвої металізації.

А це вимагає розробки нових підходів для удосконалення системної технології формування таких структур ВІС, а саме:

1. Виготовлення Si-пластин зі сформованим гетером.

2. Удосконалення технології підзатворної обробки, направленої на зниження дефектності затворного оксиду, концентрації рухомих зарядів і пасток, збільшення рухомості носіїв заряду.

3. Розробки технології формування затворного поліцидного електроду на основі аморфного кремнію, газохімічною реакцією піролізу моносилану.

4. Розробки технології оксидування швидким термічним відпалом в озонхлорному середовищі.

5. Нітридизації поверхні підзатворного оксиду.

Подальше удосконалення технології затворного оксидування ведеться в напрямках:

- підвищення електричної міцності і стабільності затворного оксиду;

- зниження рівня рухомих зарядів в діелектрику;

- зниження пасток на міжфазній границі розділу.

На основі експериментальних досліджень нами встановлено, що високостабільний затворний діелектрик на Si-пластинах Чохральського (2) забезпечується:

- передзатворною хімічною обробкою в розчині надцтової кислоти і перексиду водню, яка ефективно пасивує і гетерує домішки з поверхнового шару, забезпечуючи поверхневий заряд  $Q_{ss} < 3 \times 10^{11} \text{ eV}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ , електричну міцність  $E \geq (1-3) \times 10^7$  і стабільність напруги плоских зон і порогової напруги ( $\Delta U_{FB} < 0.1 \text{ В}$ ,  $\Delta U_T < 0.3 \text{ В}$ ) для товщин діелектрика  $< 250 \text{ \AA}$  і температури  $+150^\circ \text{ C}$ ;

- створенням внутрішнього кисневого гетера до затворного оксидування гетерним маршрутом з використанням високо-, середньо-, і низькотемпературних термообробок на глибині 5-15 мкм від поверхні кремнію; це наближує параметри Si-пластин Чохральського (Ч) в активних зонах формування структур ВІС до рівня

кремнієвих платин зонної плавки (ЗП) із збереженням їх термічної міцності і низького рівня зарядних станів на міжфазній границі розділу Si-SiO<sub>2</sub>;

- додатковим озонуванням ультрафіолетовою іонізацією сухого кисню, який подається в реактор затворного оксидування з використанням ультрафіолетових або бактериологічних ламп для збільшення швидкості оксидування і щільності оксидних шарів з 2.18 до 2.34 г/см<sup>3</sup> (1, 2).

З іншої сторони, оксидна плівка в МОН-структурах використовується як підзатворний діелектрик, на якому формують електрод затвору у вигляді плівки алюмінію або легованого полікремнію. Правильний вибір матеріалу електроду затвора забезпечує високу електричну міцність підзатворного діелектрика ( $> 10^6 \text{ В/см}$ ). Нами розроблена технологія формування поліцидного (полікремній + силіцид) електроду затвора газофазним осадженням плівки дисиліциду титана на основі аморфної плівки кремнію, що дозволило досягти об'ємного опору  $< 10 \text{ мкОм см}$ .

Велику небезпеку для структур ВІС зумовлює генерація пасток на границі розділу Si-SiO<sub>2</sub>, які захоплюють гарячі носії. Головними причинами їх виникнення є:

- велика концентрація лужних металів, яка понижується кислотним гетером на зворотній стороні Si-пластин;

- підвищений вміст вологи і водню в сухому кисні, яка використовується при затворному оксидуванні;

- матеріал електроду затвору, наприклад, алюміній та його сплави що спричинюють термічні напруження.

Таким чином, для зниження концентрації пасток необхідно використовувати хлорнокислотне гетерування, поліцидний затвор, нітридизацію підзатворного діелектрика оксинітридом кремнію, мінімальним вмістом вологи в кисні, ультрафіолетове озонування сухого кисню.

В табл. 1 показані порівняльні характеристики К-МОН РПЗП з ультрафіолетовим стиранням інформації для об'єму пам'яті 64К, 256К, 1М. Реалізація

такого класу схем пам'яті може бути мікроелектроніки.  
реалізована лише системною технологією

Таблиця 1.

№	Характеристики ІС	КС1626РФ1 64К	КС1626РФ2 256К	КС1626РФ3 1М
1.	Організація слів	8к x 8	32к x8	64к x16
2	Розмір кристалу кв.мм	4.2 x 4.2	4.6 x4.6	6.95 x8.0
3.	Розмір елементу пам'яті, кв. мкм	39	36	20.7
4.	Довжина / ширина каналу каналу ЕП, мк, мА	2.0 2.2	2.3 2.4	1.5 1.6
5.	Товщина окислу елементу пам'яті ЕП, Å підзатворного - міжзатворного	350 450	350 450	250 (100*) 350
6.	Товщина окислів елементів обрамлення, Å	400	400	350
7.	Глибина залягання р-п переходів, мкм -п-р-типу -р-п-типу	0.5 0.7	0.4 0.6	0.3 0.5
8.	Проектні норми, мкм -poly Si 1 (зазор) -poly Si (ширина), (зазор) -Al (ширина), (зазор) -розмір контактного вікна, кв.мкм	1.4 2.0 1.5 4.0 2.0 2 x 2	1.4 2.0 1.5 4.0 2.0 2.2.	1.0 1.5 1.5 2.9 1.6 1.6 x1.6
9.	Підкладка, Ом ·см	40; 80	40; 80	40; 80
10.	Кількість елементів на кристалі	134730	53000	2177300
11.	Густина елементів на кристалі	7310	24000	38000
12	Тип корпусного виконання	2121.28- 13.01 СКК	2121.28-13.01 СКК	2121.40-6 СКК

- [1] Н.А. Аваев, Ю.Е. Наумов, В.Б. Фролкин *Основы микроэлектроники*. М.Р. и С 1991. с.282.
- [2] С.П. Новосядлий Высококачественная технология затворного окисления МОН БИС // *Вестник Харьковского университета. Серия физическая. Ядра, частицы, комплексы*. **469**, сс. 65-70 (2000).
- [3] S. Novosiadly, M. Mykhalchuk, D. Fedasyuk Basis Principles and Elements of highly effective system Technology KVLSI Microelectronics II Proceedings of the 6-th International Conference "Mixed Design" of Integrated Circuits and system MIXDE Si-99 – Krakov, Poland. pp. 267-270 (1999).
- [4] С.П. Новосядлий Высококачественная технология затворного окисления МОН БИС // *Вестник Харьковского университета. Серия физическая. Ядра, частицы, комплексы*. **469**, сс. 65-70 (2000).

N.I. Ivantsiv, P.I. Melnyk, S.P. Novosyadlii

**Constructural-Technological Features of Formation Electronic Circuitry  
of Storage with Ultraviolet and Electrical Deleting  
on "FLASH" and "FLOTOX" Lattices**

*Vasyl Stefanyk Precarpathian University, Shevchenko str., 57, Ivano-Frankivsk, 76000*

The paper present features of design and process engineering in the forming memory schemes on the "Flash" and "Flotox" cells with use of system process engineering of microelectronics.