

РАДИАЦИОННО-СТОЙКИЙ КОМПАРАТОР НАПРЯЖЕНИЙ НА БАЗОВОМ МАТРИЧНОМ КРИСТАЛЛЕ МН2ХА030

О.В. Дворников¹, В.А. Чеховский², Я.Д. Галкин³, А.В. Кунц³

¹ОАО «Минский научно-исследовательский приборостроительный институт»
oleg_dvornikov@tut.by

²«Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета

³Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Стемпицкий В.Р. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация – Представлена краткая информация о биполярно-полевом базовом матричном кристалле (БМК) МН2ХА030, предназначенном для создания радиационно-стойких и криогенных аналоговых интегральных схем (ИС). Приведена электрическая схема разработанного компаратора напряжений (КН) и результаты моделирования его статических и динамических параметров при воздействии гамма-излучения и потока нейтронов. Разработанный КН может найти применение в устройствах регистрации момента поступления сигнала, необходимых в аналоговых интерфейсах датчиков аппаратуры космического приборостроения и ядерной электроники.

Для проектирования ползуказных ИС разработана топология макроячейки и кристалла БМК МН2ХА030, Spice-модели активных и пассивных элементов. При разработке топологии макроячейки выработаны решения о суммарном количестве транзисторов в макроячейке, соотношении количества n-p-n, p-n-p транзисторов и полевых транзисторов с p-n- переходом и каналом p-типа (р-ПТП), взаимном расположении транзисторов, количестве и номиналах низкоомных и высокоомных резисторов [1].

Для одновременного учета влияния проникающей радиации (ПР) и низких температур на элементы БМК применена САПР LTSpice, встроенные в LTSpice типовые модели с усредненными температурными коэффициентами, а также разработанные математические выражения [2, 3], устанавливающие взаимосвязь параметров моделей, полупроводника и радиационного облучения. Таким образом, разработанные модели позволяют описать влияние поглощенной дозы гамма-излучения и потока нейтронов с помощью параметров DG и FN, соответственно.

При разработке КН были учтены особенности радиационного изменения параметров транзисторов, а также основные правила проектирования радиационно-стойких микросхем [4]: применены только n-p-n транзисторы с высокой граничной частотой; резисторы, выполнены на низкоомных полупроводниковых слоях; все транзисторы работают с большой плотностью эмиттерного тока, обеспечивающей минимальное радиационное изменение коэффициента усиления тока базы.

Таблица 1 – Статические параметры компаратора для дифференциального выходного напряжения при воздействии проникающей радиации

Наименование параметра	Величина параметра		
	CompF		
Уровень проникающей радиации	НУ	10^{14} н./см ²	3 Мрад
Напряжение питания V_{CC} , В	$\pm 5,0$	$\pm 5,0$	$\pm 5,0$
Ток потребления от положительного источника питания I_{CC} , мА	15,3	14,05	14,90
Ток потребления от отрицательного источника питания I_{EE} , мА	12,9	12,05	12,67
Входной ток I_{INP} , мкА	5,5	27,23	14,46
Выходное напряжение V_{OUT} , В	3,36..4,17	3,55..4,09	3,41..4,14

Электрическая схема разработанного компаратора CompF представлена на рисунке 1. Для максимального увеличения быстродействия КН CompF его входное напряжение преобразуется дифференциальным каскадом Q27, Q28 в ток, который усиливается последующими каскадами на ячейках Джилберта [5] и обратно преобразуется в напряжение на резисторах R1, R2. Эмиттерные повторители Q4, Q5 обеспечивают требуемую нагрузочную способность, а резистор R14, являющийся элементом положительной обратной связи, увеличивает усиление компаратора и

вносит небольшой гистерезис в его передаточную характеристику. КН CompF позволяет изменять полярность выходного сигнала при подаче напряжения на вывод SEL.

При моделировании выходы CompF были без внешней нагрузки, на вход Inp2 - подавалось напряжение, равное нулю, на вход Inp1 поступал прямоугольный импульс напряжения с длительностью 5 нс. Моделирование проводилось при нормальных условиях (НУ) (без воздействия ПР и температуре 30 °С) и при воздействии ПР. Результаты моделирования статических параметров разработанного КН приведены в таблице 1.

Динамические параметры КН:

- чувствительность $S=4,0$ мВ;
- задержка включения/выключения t_D , при превышении порога на 10 мВ, 100 мВ, 1 В – 1,32/1,34 нс, 0,55/1,24 нс, 0,42/1,68 нс;
- длительность фронта нарастания/спада t_F при превышении порога на 100 мВ 0,474/1,211 нс.

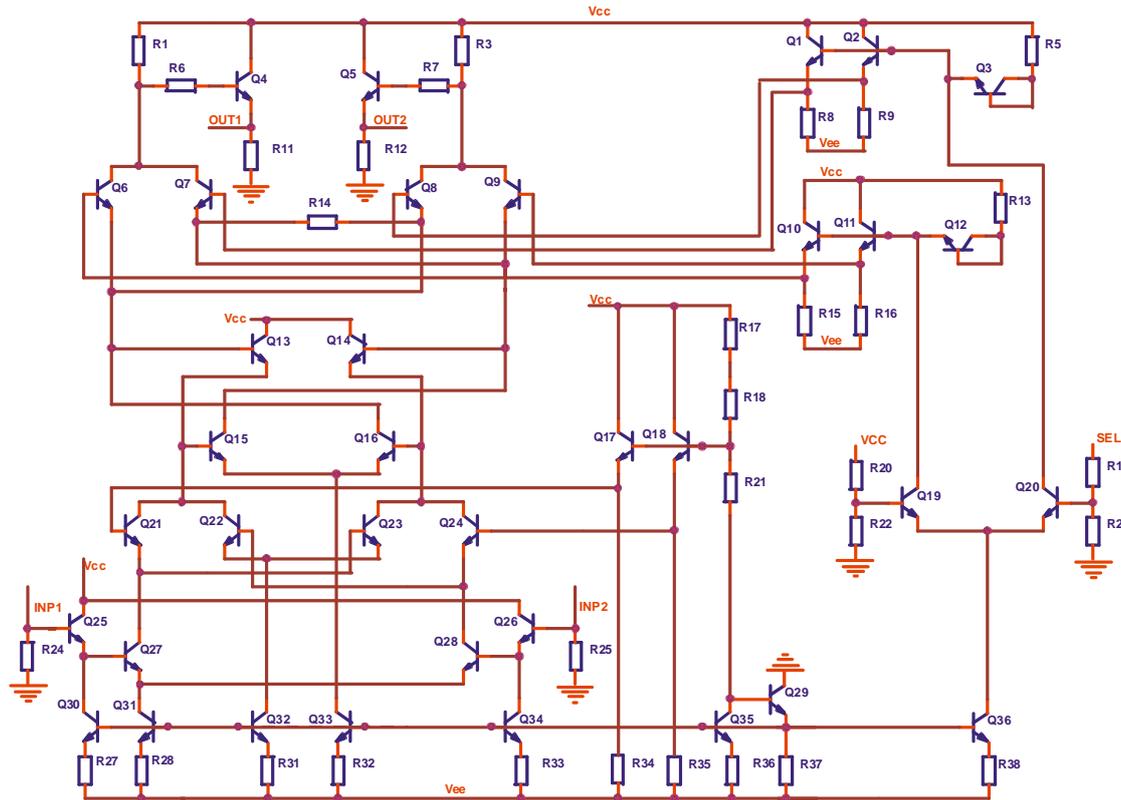


Рисунок 1 – Электрическая схема компаратора CompF

Разработанный КН сохраняет свою работоспособность при поглощённой дозе гамма-излучения $DG = 3$ Мрад и потоке нейтронов $FN = 10^{14}$ н./см². Воздействие ПР вызывает увеличение величины выходного напряжения CompF, но слабо влияет на форму импульса напряжения между выходами компаратора, т.е. на задержку и фронт; наиболее сильно при воздействии ПР изменяется входной ток КН, который увеличивается до 5,19 раз при $FN = 10^{14}$ н./см². Это необходимо учитывать при соединении входов КН с высокоомными резисторами.

Список использованных источников:

1. Dvornikov O.V., Tchekhovski V.A., Dziatlau V.L., Prokopenko N.N., Bugakova A.V. BiJFet Array Chip MH2XA030 – a Design Tool for Radiation-Hardened and Cryogenic Analog Integrated Circuits. Труды конференции 2018 IEEE International Conference on Electrical Engineering and Photonics (EEXPolytech-2018). https://yadi.sk/d/wMDJZ_xnUPr8eA
2. Дворников О.В., Гришков В.Н. Комплексный подход к проектированию радиационно-стойких аналоговых микросхем. Часть 1. Учет влияния проникающей радиации в “Spice-подобных” программах // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем – 2010. Сборник трудов IV Всероссийской научно-технической конференции / под общ. ред. академика РАН А.Л. Стемпковского. – М.: ИППМ РАН, 2010. С. 301-306.
3. Dvornikov O.V., Dziatlau V.L., Prokopenko N.N., Petrosiants K.O., Kozhukhov N.V., Tchekhovski V.A. The Accounting of the Simultaneous Exposure of the Low Temperatures and the Penetrating Radiation at the Circuit Simulation of the BiJFET Analog Interfaces of the Sensors // 2017 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Astana, 29-30.06.17. DOI: 0.1109/SIBCON.2017.7998507

4. Дворников О.В., Чеховский В.А., Дятлов В.Л., Богатырев Ю.В., Ластовский С.Б. Радиационно-стойкие аналоговые интегральные схемы // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем – 2012. Сборник трудов / под общ. ред. академика РАН А.Л. Стемпковского. – М.: ИППМ РАН, 2012. С. 280-283.

5. Gilbert, B. A new wide-band amplifier technique / B. Gilbert // IEEE Transactions on Solid-State Circuits. – 1968. – Vol. 3, No 4. – P. 353–365.

ИЗМЕНЕНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ В ПЛАЗМЕ АТМОСФЕРНОГО РАЗРЯДА

Запорожченко Ю.В., Аксютц А.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Котов Д.А. – канд. техн. наук, доцент

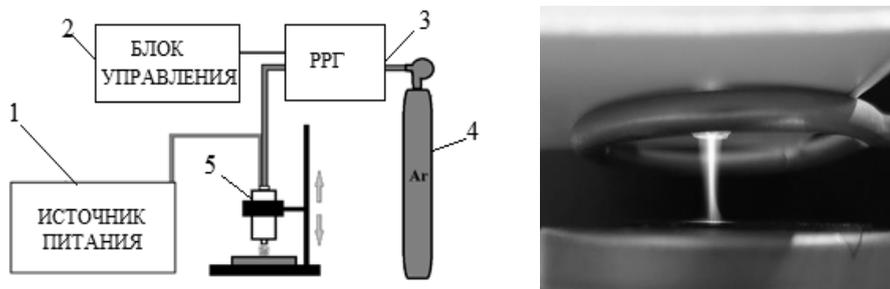
Поверхность кремниевой пластины обрабатывалась плазмой атмосферного давления. Обработка в плазме диэлектрического барьерного разряда привела к значительному увеличению адгезии. Адгезия измерялась как коэффициент трения. Зависимость коэффициента трения кремния от режимов обработки изучалась с помощью атомно-силового микроскопа.

Важную роль в науке и технике занимают процессы очистки поверхностей подложек и деталей различной природы, а также их модификация перед последующими технологическими процессами. Перспективной является обработка в плазме диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении. Ее важнейшей особенностью являются сочетание достоинств традиционной ионно-плазменной обработки с низкой себестоимостью таких процессов, обусловленной отсутствием необходимости в дорогостоящем вакуумном оборудовании.

Оценка изменения поверхностной адгезии кремния производилась на основе расчета сил воздействующих на кантилевер атомно-силового микроскопа.

Для проведения плазменной обработки использовался экспериментальный комплекс, состоящий из разрядной системы, системы питания и системы подачи рабочего газа (рисунок 1а).

Диэлектрический барьерный разряд формировался в устройстве коаксиального типа (рисунок 1б). Данная разрядная система позволяет формировать плазменный факел длиной до 3 см, с зоной обработки диаметром в 1 см. В качестве плазмообразующего газа используется аргон.



а
б
1 – Источник питания; 2 – блок управления индикации и питания; 3 – регулятор расхода газа; 4 – баллон;
5 – разрядная система

Рисунок 1 – Схематичное изображение экспериментального комплекса (а) и фото плазменного факела (б)

Оценка величины адгезии поверхности монокристаллического кремния проводилась на основе определения коэффициента трения с помощью атомно-силового микроскопа NT-206 [1].

Активация поверхности заключается в формировании химически активного поверхностного слоя за счет образования оборванных связей в процессе обработки. Для количественного описания влияния плазмы атмосферного разряда на свойства поверхности кремния проводилось исследование зависимости изменения коэффициента трения от времени обработки (при фиксированном расстоянии от источника плазмы) и от расстояния от источника плазмы до обрабатываемой поверхности (при фиксированном времени обработки).

Обработка проводилась при мощности разряда $P \approx 25$ Вт, расходе плазмообразующего газа $L \approx 300$ л/ч.