

ТЕЗИСЫ

**докладов
19-ой Всероссийской
научно-технической конференции
«Радиационная стойкость
электронных систем»
«Стойкость-2016»**

**Научно-технический
сборник**

2016

Настоящий научно-технический сборник содержит тезисы устных и стендовых докладов 19-ой Всероссийской научно-технической конференции «Стойкость-2016», г. Лыткарино, 7-8 июня 2016 г.

Материалы представлены в авторской редакции

ПРОГРАММНЫЙ ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Улимов Виктор Николаевич, д.т.н., ФГУП «НИИП» -
председатель Оргкомитета

Скоробогатов Пётр Константинович, д.т.н., АО «ЭНПО СПЭЛС» -
зам. председателя Оргкомитета

Чумаков Александр Иннокентьевич, д.т.н., АО «ЭНПО СПЭЛС»

Таперо Константин Иванович, к.ф.-м.н., ФГУП «НИИП»

Членов Александр Михайлович, к.т.н., ФГУП «НИИП»

Яненко Андрей Викторович, АО «ЭНПО СПЭЛС»

Ужегов Вячеслав Михайлович, к.т.н., ФГУП «ЦНИИмаш»

Герасимов Владимир Фёдорович, к.т.н., филиал ФБУ «46 ЦНИИ МО РФ»

Чубунов Павел Александрович, филиал ОАО «ОРКК» - «НИИ КП»

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Ю.В. Богатырев ¹ , С.Б. Ластовский ¹ , С.В. Шведов ² , А.В. Кетько ² <i>¹НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, ²ОАО «Интеграл»</i> Воздействие гамма- и электронного излучений на параметры КМОП БИС | 15 |
| О.А. Николаев, Г.Л. Пикалов, И.С. Краснокутский <i>ФГКУ «12 ЦНИИ» Минобороны России</i> Устройство для спектрометрии нейтронов | 17 |
| П.Н. Орешков, В.Д. Попов, П.А. Чубунов <i>НИЯУ МИФИ</i> Прогнозирование вероятности радиационного отказа микросхемы высокой степени интеграции | 19 |
| А.А. Лебедев, И.И. Ляхчилина, Н.М. Клоков <i>НИЯУ МИФИ</i> Использование динамических токовых каскадов для улучшения радиационных характеристик биполярных аналоговых интегральных схем | 21 |
| Г.П. Руднев ¹ , К.В. Литвицкий ¹ , Н.Г. Гамзатов ² , В.О. Лось ² <i>¹АО «Концерн радиостроения «Вега», ²АО «НИИ «Субмикрон»</i> Результаты испытаний СВЧ-усилителей и фазовращателя в условиях воздействия ИИ | 23 |
| В.А. Фелицын, А.С. Бакеренков, В.С. Першенков, А.С. Родин, В.А. Телец, В.В. Беляков, В.В. Шуренков, А.Г. Мирошниченко, Н.С. Глухов <i>НИЯУ МИФИ</i> Влияние низкотемпературного облучения на эффект низкой интенсивности в биполярных структурах | 24 |
| А.С. Бакеренков, П.А. Чубунов, В.С. Анашин, А.С. Родин, В.А. Фелицын, А.Г. Мирошниченко, Н.С. Глухов <i>НИЯУ МИФИ</i> Многофункциональное измерительное оборудование для радиационных испытаний аналоговых интегральных микросхем в части дозовых эффектов | 26 |
| А.Н. Загорков, О.В. Михеев, А.Е. Ошкин <i>ФГУП «ГКНПЦ им М.В. Хруничева»</i> Об эффективности использования конструкционных материалов в качестве радиационной защиты аппаратуры КА на ГСО | 28 |
| А.Л. Юрьев, С.Л. Эльяш, Т.В. Лойко, С.П. Пухов, Д.П. Николаев, А.Ф. Поколев, С.М. Лашманов <i>ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»</i> Субнаносекундный ускоритель электронов с газонаполненным формирователем | 29 |
| Н.В. Басаргина, И.В. Ворожцова, С.М. Дубровских, Т.В. Купырина, О.В. Ткачёв, В.П. Шукайло <i>ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ»</i> Влияние температуры и предварительного облучения на характер проявления одиночных событий в МОП-транзисторах при воздействии нейтронов энергии 14 МэВ | 31 |

- П.И. Сацердов, В.А. Минкин, С.С. Татауршиков, Е.Г. Лобанова, О.К. Стерлядкин** 33
АО «ЦНИИ «Электрон»
 Предельная радиационная стойкость ФППЗ с кадровым переносом формата 1024×1024 элемента
- М.М. Венедиктов, В.К. Киселев, С.В. Оболенский** 35
ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седакова»
 Оценка воздействия ионизирующих излучений на электронные компоненты по результатам испытаний ограниченных выборок
- Д.О. Ваничкин, Э.Н. Вологдин, И.Я. Гантман, Д.С. Смирнов** 37
ОАО «НПП «Пульсар»
 Исследование влияния нейтронного, гамма и альфа-излучения на импульсную электрическую прочность операционных усилителей
- Д.О. Ваничкин, Э.Н. Вологдин, И.Я. Гантман** 39
ОАО «НПП «Пульсар»
 Исследование эффекта возникновения двойного пика тока при испытаниях изделий электронной техники на импульсную электрическую прочность
- Э.Н. Вологдин, П.А. Дюканов, Д.С. Смирнов** 41
ОАО «НПП «Пульсар»
 Дозовая деградация микросхем операционных усилителей с учетом низкой интенсивности воздействующего излучения
- М.Е. Артемов, Т.Ш. Комбаев** 43
ФГУП «НПО имени С.А. Лавочкина»
 Расчет радиационных условий полета КА для случая сложной орбиты
- В.Н. Гульбин¹, Н.С. Колпаков¹, В.В. Чердынцев²** 45
¹АО «Инженерно-маркетинговый центр «Концерн «Вега», ²НИТУ «МИСиС»
 К вопросу о снижении воздействия ионизирующих и электромагнитных излучений на электронные компоненты при использовании радио- и радиационно-защитных компози- тов
- В.К. Зольников, А.И. Яньков, В.П. Крюков** 47
ОАО «НИИЭТ»
 Особенности выбора оптимального состава контролируемых параметров-критериев год- ности
- А.А. Нагаев** **ОАО «НИИЭТ»** 50
 Методика задания температурного режима КМОП ИС при испытаниях на стойкость к воздействию тяжелых заряженных частиц
- В.И. Беспалов, А.А. Чигорко** 53
Научно-исследовательский Томский политехнический университет
 Моделирование спектра высокоэнергетических электронов геомагнитной плазмы при наземных испытаниях элементов и подсистем бортовой аппаратуры КА на объемную радиационную электризацию
- К.О. Петросянц^{1,2}, И.А. Харитонов^{1,2}, Д.А. Попов², В.Г. Стахин³, С.В. Лебедев³** 55
¹ФГБНУ «НИИ ПМТ», ²МИЭМНИУ «Высшая школа экономики», ³АО «Зеленоград- ский нанотехнологический центр»
 Моделирование сбоеустойчивости КМОП КНИ ячеек памяти при воздействии отдель- ных тяжелых частиц при повышенной температуре (до 300°С)

- В.М. Антимиров, Е.М. Миловидов, П.С. Яковлев** 57
АО «НПО автоматики»
 Использование нейровычислителей для повышения производительности управляющих вычислительных машин, работающих в экстремальных условиях
- М.С. Горбунов^{1,2}** 59
¹*ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, ²НИЯУ МИФИ*
 Особенности создания моделей МОП-транзисторов типа BSIM на основе модулей Verilog-A, учитывающих влияние ионизирующего излучения
- А.А. Антонов¹, А.Г. Дубровский¹, А.В. Клишин¹, А.А. Жуков¹, Б.В. Василегин¹, П.В. Некрасов², А.Б. Каракозов²** 61
¹*ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, ²АО «ЭНПО СПЭЛС»*
 Результаты испытаний сбоеустойчивой системы-на-кристалле с внутренним резервированием 1907BM044
- А.П. Скоробогатов** 63
ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН
 Метод синхронизации локальных деревьев синхросигнала в микропроцессоре с троированным ядром
- Е.А. Тарасова, А.В. Хананова, С.В. Оболенский, А.Ю. Чурин** 65
Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского
 Методика анализа профилей легирования GaAs структур до и после гамма-нейтронного воздействия в диапазоне температур
- Е.В. Волкова, В.А. Козлов, Ю.И. Кошуринов, Е.С. Оболенская, С.В. Оболенский, Д.Г. Павельев, А.С. Пузанов** 67
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
 Терагерцовое детектирование процессов формирования и стабилизации кластера радиационных дефектов при нейтронном воздействии
- А.С. Пузанов, С.В. Оболенский, В.А. Козлов** 69
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
 Аналитическая оценка вероятности возникновения структурных повреждений в микрообъеме GaAs при воздействии потока мгновенных нейтронов спектра деления
- А.А. Потехин, И.Ю. Забавичев, Е.С. Оболенская, Е.А. Тарасова, А.А. Хананова, А.В. Линева, А.С. Пузанов, С.В. Оболенский** 71
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
 Опыт применения физико-топологического моделирования для анализа радиационной стойкости серийных полупроводниковых приборов
- Е.С. Оболенская, Е.А. Тарасова, С.В. Оболенский, В.А. Козлов, А.Ю. Чурин** 73
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
 Моделирование радиационной стойкости планарных диодов Ганна с управляющим электродом
- В.Ф. Зинченко, К.В. Лаврентьев, А.И. Озеров, Б.Н. Семенец, А.М. Членов** 75
ФГУП «НИИП»
 Исследование чувствительности интегральных микросхем КМОП технологии к тиристорному эффекту, вызываемому действием отдельных тяжелых заряженных частиц, с помощью импульсного тормозного излучения

| | |
|--|-----|
| В.Ф. Зинченко, К.В. Лаврентьев, Б.Н. Семенец, А.М. Членов ФГУП «НИИП» | 77 |
| Возбуждение тиристорного эффекта в интегральных микросхемах КМОП-технологии с помощью импульсов электрического напряжения в различных условиях эксперимента | |
| М.Е. Жуковский¹, М.Б. Марков¹, С.В. Подоляко¹, Р.В. Усков¹, И.А. Тараканов¹, В.Ф. Зинченко², А.М. Членов² ¹Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, ²ФГУП «НИИП» | 79 |
| Исследование спектра тормозного излучения ускорителя РИУС-5 | |
| А.В. Бесецкий, А.С. Ватуев, В.В. Емельянов, М.В. Каменский, А.И. Озеров, А.В. Филимонов ФГУП «НИИП» | 81 |
| Одиночные радиационные эффекты катастрофического типа в импульсных источниках вторичного электропитания | |
| К.И. Таперо, А.С. Петров, Г.М. Мосина ФГУП «НИИП» | 83 |
| Определение срока службы оптронов в условиях космического пространства с использованием последовательного облучения нейтронами и гамма-квантами | |
| К.В. Лаврентьев¹, В.В. Кочергин¹, Н.В. Варламов² ¹ФГУП «НИИП», ²НИЯУ МИФИ | 85 |
| Методика измерений разрядного тока и испытательного напряжения при проведении испытаний на устойчивость к электростатическим разрядам | |
| В.В. Кочергин ФГУП «НИИП» | 88 |
| К вопросу об истории радиационных исследований и испытаний в ФГУП «НИИП» | |
| Д.М. Иващенко, Н.Г. Мордасов, А.П. Землянский, А.И. Абрамов ФГУП «НИИП» | 91 |
| Диагностика работы периферийных систем ускорителя ЛИУ-10 | |
| Т.Б. Мавлюдов ФГУП «НИИП» | 93 |
| Расчет поясов роговского в задачах сильноточной электроники | |
| Н.И. Терентьев, В.В. Казаков, Ю.С. Лойко, А.В. Стулов, А.В. Кириллов ФГУП «НИИП» | 95 |
| Особенности формы импульса мощности экспозиционной дозы ускорителя РИУС-5 | |
| К.О. Петросянц¹, И.А. Харитонов¹, Л.М. Самбурский¹, Д.А. Попов¹, Р.Ш. Ихсанов^{1,2} ¹МИЭМ НИУ «Высшая школа экономики», ²ФГУП «НИИП» | 97 |
| Моделирование радиационно-стимулированного тиристорного эффекта в инверторе, выполненном по КМОП-технологии | |
| Ю.Б. Деревянко, Р.Ш. Ихсанов, А.Н. Чиякин ФГУП «НИИП» | 99 |
| Экспериментальные исследования комплексного воздействия импульсного ИИ ускорителя ЛИУ-10 и ЭМИ на работоспособность ИС | |
| В.В. Казаков, Е.Н. Потеряева ФГУП «НИИП» | 100 |
| Опыт использования прибора HARSHAW 3500 для измерения дозовых характеристик полей излучения моделирующих установок | |

| | |
|--|-----|
| А.М. Членов, Н.Г. Мордасов ФГУП «НИИП» Проблемы и перспективы повышения качества радиационных испытаний и исследований на сильноточных импульсных ускорителях | 102 |
| Н.Н. Панюшкин, Н.Н. Матвеев ФБГОУ ВПО «Воронежский государственный лесотехнический университет» им. Г.Ф. Морозова Прогнозирование уровня бесбойной работы биполярных интегральных схем в условиях воздействия гамма-нейтронного импульса | 103 |
| Н.А. Иванов¹, О.В. Лобанов¹, В.В. Пашук¹, М.О. Прыгунов² ¹ФГБУ «ПИЯФ» НИЦ «Курчатовский институт»; ²ООО «НПЦ «Гранат» Образование кластеров спайков в ПЗС-матрицах под действием атмосферных нейтронов | 105 |
| Л.Н. Иванов ЗАО «Группа Компаний «Электронинвест» Разработка вторичных источников электропитания серии СПНС, ориентированных на работу в космическом пространстве | 107 |
| А.М. Галимов, К.С. Земцов, Г.И. Зебрев НИЯУ МИФИ Проблемы традиционного метода прогнозирования интенсивности сбоев в условиях космического пространства | 109 |
| К.В. Зольников¹, А.И. Яньков¹, К.А. Чубур², А.С. Грошев², А.Л. Савченко³ ¹ОАО «НИИЭТ», ²ФГБОУ ВПО «ВГЛУ» им. Г.Ф. Морозова, ³ОАО «НИИМА «Прогресс» Моделирование тока ионизации от воздействия тяжелых заряженных частиц при кластерных отказах структур микросхем | 111 |
| В.К. Зольников¹, А.И. Яньков², К.А. Чубур¹, А.С. Грошев¹, А.Л. Савченко³ ¹ФГБОУ ВПО «ВГЛУ» им. Г.Ф. Морозова, ²ОАО «НИИЭТ», ³ОАО «НИИМА «Прогресс» Алгоритмическая основа моделирования отказов ТЗЧ на глубоко-субмикронных технологиях | 113 |
| А.И. Петров¹, С.А. Полевич¹, Г.В. Чуков² ¹АО «НПП «Исток» им. Шокина», ²ИЭПЭ НИЯУ МИФИ Исследование стойкости монолитных интегральных схем СВЧ к воздействию тяжелых заряженных частиц космического пространства | 115 |
| Т.Ю. Мамаева, А.К. Рыжаков АО «Восток» Силовые MOSFET-транзисторы для применения в бортовой аппаратуре космических систем | 117 |
| В.Н. Александров, А.Д. Артемов, С.А. Соболев ОАО «Корпорация «Комета» Сравнение моделей ядерных частиц космических лучей и излучений естественных радиационных поясов земли | 118 |
| А.Н. Щепанов ФГУП «МНИИРИП» Анализ полноты и достоверности данных о радиационной стойкости в ТУ на ЭКБ ОП различных классов | 121 |
| П.В. Рубанов, В.М. Зыков НИ ТПУ Пострадиационный отжиг электронных компонентов из лётных партий при испытаниях на дозовые эффекты | 123 |

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННОГО ТИРИСТОРНОГО ЭФФЕКТА В ИНВЕРТОРАХ, ВЫПОЛНЕННЫХ ПО РАЗЛИЧНЫМ ВАРИАНТАМ КМОП ТЕХНОЛОГИИ.

К.О. Петросянц¹, И.А. Харитонов¹, Л.М. Самбурский¹, Д.А. Попов¹, Р.Ш. Ихсанов^{1,2}

¹Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», МИЭМ, Москва

²ФГУП «НИИП», г. Лыткарино, Московской области

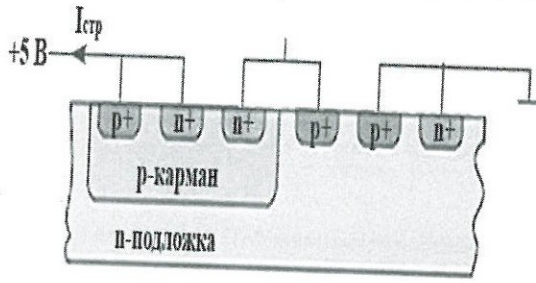
С помощью двумерного моделирования в пакете TCAD исследован тиристорный эффект, вызванный прохождением тяжелой заряженной частицы через структуру традиционного (объемного) КМОП инвертора и инвертора, выполненного по технологии с дополнительными слоями диэлектрической изоляции, окружающими области стока и истока (“quasi-SOI” with L-type isolation). Показано, что пороговое значение ЛПЭ, вызывающее защелкивание паразитной тиристорной структуры для классической объемной технологии составляет 25 МэВ·см²/мг, а для варианта “quasi-SOI” защелкивание отсутствует до значений 100 МэВ·см²/мг.

Вариант КМОП технологии с дополнительными слоями диэлектрической изоляции, окружающими области стока и истока – “quasi-SOI” with L-type isolation или квази-КНИ с L-образной изоляцией был предложен с целью повышения устойчивости КМОП схем к воздействию тяжелых частиц (ТЗЧ) и устранения эффекта защелкивания [1]. Для исследования эффективности этого решения в данной работе проведено сравнительное 2D моделирование при помощи системы Sentaurus TCAD тиристорного эффекта, вызванного прохождением ТЗЧ через объемную КМОП структуру (Рис. 1а) и структуру, выполненную по технологии “quasi-SOI”, в которой обычные n- и p-канальные МОП-транзисторы заменены на квази-КНИ МОП-транзисторы с L-образным изолятором (Рис. 2) с теми же параметрами слоев. Моделирование проведено для наиболее критичных точек попадания частицы в упрощенную КМОП структуру, показанных на Рис. 1б. Степень легирования подложки составляла $3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, n-кармана – $2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, сильнолегированных p- и n-областей – $1 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$. Глубина n-кармана – 2.5 мкм, сильнолегированных областей – 0.5 мкм.

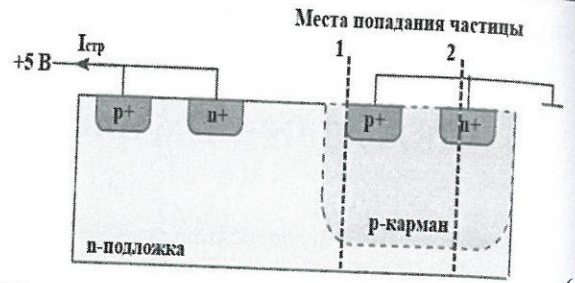
Сравнение переходных процессов для двух вариантов технологии при одинаковом воздействии ТЗЧ в точке 2 представлено на Рис. 3. Ширина трека ТЗЧ составляла 0.1 мкм, глубина 10 мкм. Смоделированные переходные процессы сквозного тока «объемной» структуры для точки 2 представлены на Рис.4а, для “quasi-SOI” – на Рис. 4б.

Результаты моделирования показали, что пороговое значение линейной потери энергии (ЛПЭ), вызывающее защелкивание паразитной тиристорной структуры для классической объемной технологии, составило 25 МэВ·см²/мг (2500 пКл/см). В структуре с L-образной изоляцией тиристорный эффект отсутствует при ЛПЭ до 100 МэВ·см²/мг.

Полученные результаты моделирования согласуются с результатами экспериментальных исследований [3] и доказывают эффективность применения структур МОПТ с L-образной изоляцией окислом областей стока и истока для повышения стойкости КМОП схем к защелкиванию.



(а)



(б)

Рис. 1. Поперечное сечение полной объемной КМОП структуры (а) и упрощенной структуры для моделирования тиристорного эффекта с указанием точек попадания и треков частиц (б).

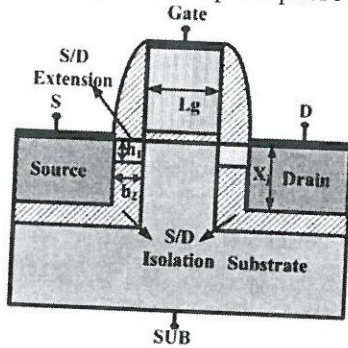


Рис. 2. Поперечное сечение «quasi-SOI» («L-тип») МОП-транзистора [2].

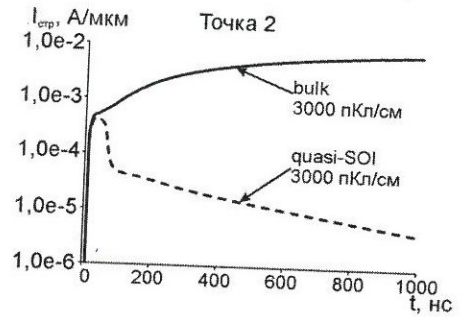
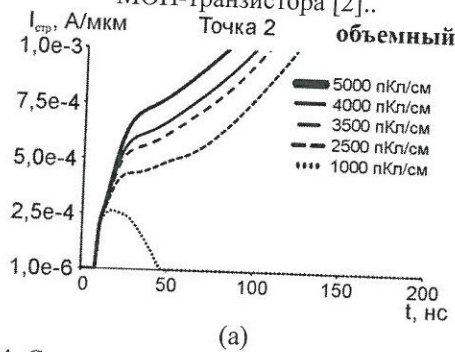
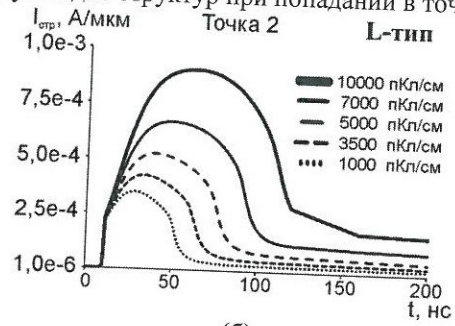


Рис. 3. Сравнение смоделированных всплесков тока двух видов структур при попадании в точку 2.



(а)



(б)

Рис. 4. Смоделированные реакции токов потребления структур КМОП инверторов при попадании частиц в точку 2 для «объемного» варианта (а) и для «quasi-SOI («L-тип»)» (б).

Литература

1. L. Artola, G. Hubert, T. Rousselin. Single-event latchup modeling based-on coupled physical and electrical transient simulations in CMOS technology //NSREC 2014, Jul 2014, PARIS, France.
2. Yu Tian, Han Xiao, Ru Huang, Chuguang Feng, Mansun Chan. Quasi-SOI MOSFETs—A Promising Bulk Device Candidate for Extremely Scaled Era //IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 54, No. 7, 2007, pp.1784- 1788.
3. F. Tan, R. Huang et al. Total ionizing dose (TID) effect and single event effect (SEE) in quasi-SOI nMOSFETs// Semiconductor Science and Technology, 29(1), 015010.