

ОАО «ЭНПО СПЭЛС»-ИЭПЭ НИЯУ МИФИ

Методика совместного применения источников гамма и рентгеновского излучения для испытаний ЭКБ по дозовым эффектам

Бойченко Д.В., Артамонов А.С., Никифоров А.Ю., Согоян А.В., Чумаков А.И., Калашников О.А.- ОАО «ЭНПО СПЭЛС»

Анашин В.С., Чубунов П.А. - ОАО «НИИ Космического приборостроения»

(499)-323-9034, dvboy@spels.ru

План доклада

- Базовый подход к совместному применению РИ и ГУ
- Аprobация методики, результаты сравнительных испытаний
- Инженерная методика учета эффектов НИ на основе задания «зоны НИ» и предварительной оценки влияния эффекта
- Обеспечивающая испытательная база ОАО «ЭНПО СПЭЛС»

Базовый подход к совместному применению РИ и ГУ

Подход учитывает:

- различие коэффициентов калибровки для разных параметров
- возможность распространения на все информативные параметры
- внесение дополнительной погрешности, которая может приводить к занижению подтверждаемого уровня стойкости
- возможность применения для малых выборок

Основные этапы:

1. Предварительный анализ применимости методики
2. Поиск коэффициента калибровки для наиболее критичного параметра
3. Поиск нижней границы доверительного интервала (статобработка)
4. Оценка применимости коэффициента калибровки к полному набору параметров-критериев (критерий Лемана-Розенблатта)

Аprobация методики, результаты сравнительных испытаний

Статическое ОЗУ CY62256NLL-55SNXIT



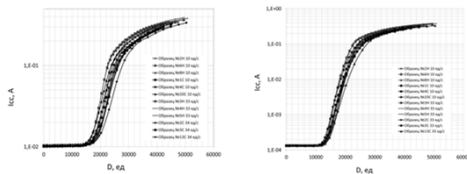
Критерийные параметры:

- Ток потребления в режиме хранения при CMOS-совместимости (I_{SS2});
 - Ток потребления в режиме хранения при TTL-совместимости (I_{SS1});
 - Ток потребления в режиме динамического считывания (I_{CC});
 - Функционирование (ФК).
- Соответствующие калибровочные коэффициенты равны:
- Для тока потребления в режиме хранения при CMOS-совместимости (I_{SS2}) $k = 0,91 \pm 0,04$;
 - Для тока потребления в режиме хранения при TTL-совместимости (I_{SS1}) $k = 0,92 \pm 0,03$;
 - Для тока потребления в режиме динамического считывания (I_{CC}) $k = 0,85 \pm 0,04$;
 - Для функционирования k лежит в пределах от 0,86 до 1,20.

$D_{\text{изб2(ГУ)}} = 8,9 \cdot 10^3$ ед.
 $D_{\text{изб2(ГУ+РИ)}} = 8,1 \cdot 10^3$ ед.

Аprobация методики, результаты сравнительных испытаний

Статическое ОЗУ CY62256NLL-55SNXIT



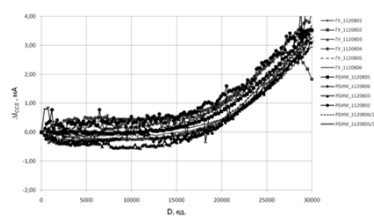
Ток потребления в режиме считывания $k = 0,91$.

Ток потребления в режиме хранения $k = 0,91$.

Красные линии – ГУ-200, черные – РИ
 ПОСЛЕ сопоставления зависимостей

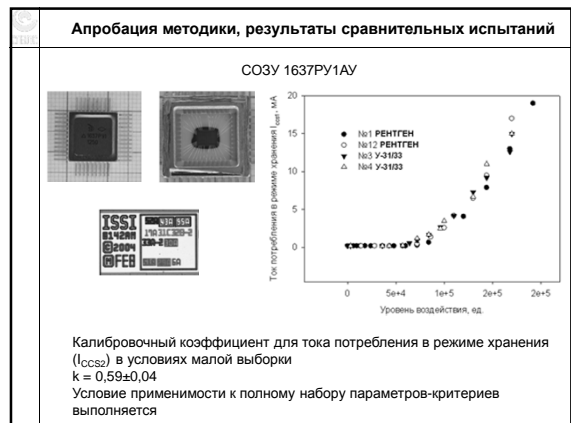
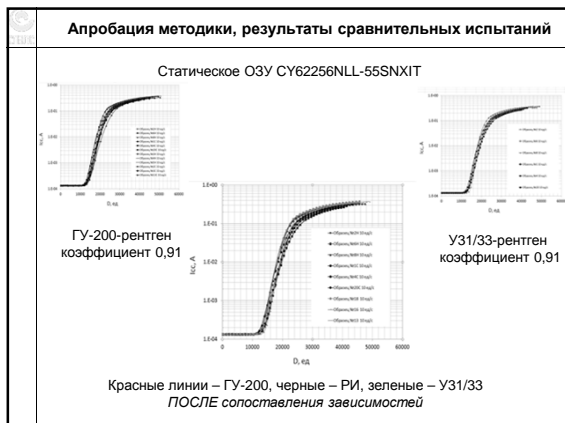
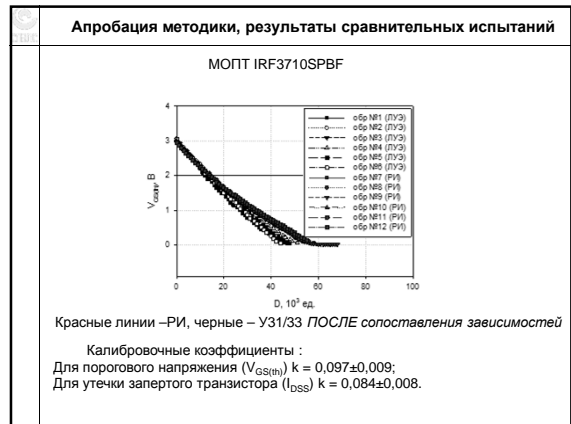
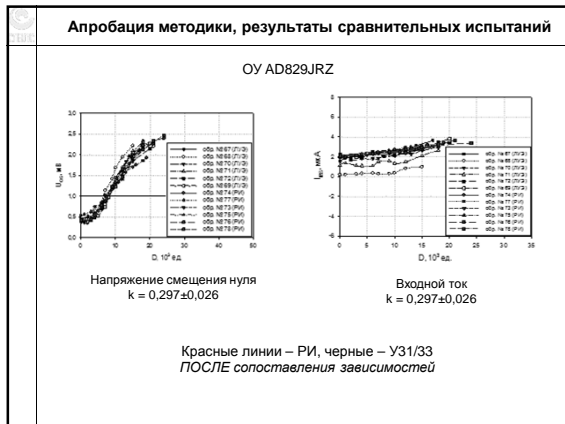
Аprobация методики, результаты сравнительных испытаний

Микроконтроллер ATMEGA128-16AU



Красные линии – ГУ-200, черные – РИ ПОСЛЕ сопоставления зависимостей

- Калибровочные коэффициенты:
- для динамического тока потребления (I_{CCD}) $k = 0,25 \pm 0,013$;
 - для статического тока потребления (I_{CCS}) $k = 0,24 \pm 0,03$;
 - для функционирования k лежит в пределах от 0,21 до 0,29.



Проблема низкой интенсивности

Интенсивность ИИ может влиять на радиационную стойкость ИС и ПП по необратимым дозовым эффектам:

для биполярных ИС возможно снижение уровня дозовой стойкости при низкой интенсивности по сравнению со средней (ELDRS) – УЧЕТ ОБЯЗАТЕЛЕН!

Для КМОП ИС возможно повышение уровня дозовой стойкости при низкой интенсивности по сравнению со средней – УЧЕТ НОСИТ ФАКУЛЬТАТИВНЫЙ ХАРАКТЕР

Методы проведения испытаний с учетом НИ

Нет возможности заранее (без испытаний) определить, будут ли в данной ИС проявляться эффекты НИ. Надо испытывать все на НИ?
Непосредственные испытания при низкой интенсивности – продолжительное время.

Методы ускоренных испытаний:

- РД В 319.03.37-2000
- MIL-STD-883H метод 1019
- ESCC 22900

Методы основаны на процедурах облучения-отжига.

Методы проведения испытаний с учетом НИ

Проблемы практического применения методов:
Сложности технической реализации, большой объем испытаний, неоднозначные трактовки результатов.

Имеется много фактических данных, иллюстрирующих несоответствие результатов испытаний этими методами реальным условиям НИ.

Точечная оценка на основе линейной релаксационной модели индивидуальна для каждого объекта и не дает выигрыша более чем в 2 раза

МОП IRF5Y3710CM

Методы проведения испытаний с учетом НИ

MIL-STD-883H метод 1019 (Биполярная часть)

Американский стандарт MIL-883H, метод 1019

```

    graph TD
      A[Определение необходимости тестирования эффектов НИ] -- Да --> B[Проведение стандартного теста Условия А]
      A -- Нет --> B
      B --> C[Тест при естественной влажности/даме Условия С]
      B --> D[Проведение теста при повышенной влажности Условия D]
      B --> E[Ускоренный тест эффектов некой величины Условия Е]
      C --> C1[Пройден]
      C --> C2[Провал]
      D --> D1[Пройден]
      D --> D2[Провал]
      E --> E1[Пройден]
      E --> E2[Провал]
  
```

Детали теста D: Мощность дозы > 10 мрад (S1), Плановая доза > 0,5 мрад (S2)

Экспериментальные результаты МОП транзисторы

р-МОП

n-МОП

Проведены сравнительные исследования более 10 типов МОП транзисторов
Выигрыш не более 2 раз!

Экспериментальные результаты Оптопары и логические ИС

Оптопара HSSR-7111 (Agilent)

Драйверы SNJ54LVTH162244WD (TI)

Выигрыш не более 3 раз!

Экспериментальные результаты ВИП и БИС

MTR283R3S

MTR2805S

Уровень стойкости определяется функциональным отказом
Выигрыш около 2 раз!

Методы проведения испытаний с учетом НИ

Распределения относительных доз отказа для биполярных и КМОП микросхем.

К_{НИ} / К_{СИ}



Обеспечивающая испытательная база ОАО «ЭНПО СПЭЛС»

- Для практического применения методик в ОАО «ЭНПО СПЭЛС» введены в эксплуатацию две новые гамма-установки

| Источник ионизирующего излучения | закрытый радиоизотопный источник ИГН-Ц-13-1 Cs ¹³⁷ | закрытый радиоизотопный источник ГИК-4-1 Cs ⁶⁰ |
|---|---|---|
| Активность | 750 Ки | 18 Ки |
| Размеры рабочего объема | 700 X 300 X 400 | 700 X 300 X 400 |
| Мощность экспозиционной дозы | 0,1... 20 Р/с | 0,01...1 Р/с |
| Время перемещения защитной крышки рабочего объема | не более 30 с | |
| Время перемещения источника | не более 6 с | |

Обеспечивающая испытательная база ОАО «ЭНПО СПЭЛС»

Аппаратная часть АИК включает:

1. персональный компьютер,
2. цифровой запоминающий осциллограф,
3. кейт с модульными приборами,
4. блок согласования и коммутации,
5. плата крепления объекта,
6. исследуемый объект,
7. линия управления и передачи данных,
8. канал связи с блоком управления источником излучения

Программная часть АИК включает:

1. Стандартных драйверов приборов
2. Адаптированных драйверов (напр. для осциллографов Tektronix)
3. Полностью переработанных драйверов (напр. для осциллографов Hantek)
4. Оригинальных программ-проектов для каждого типа аналоговых ИС и ПП
5. Оригинальных программ-обработчиков
6. Логов экспериментальных исследований

Заключение

- Разработана и апробирована статистически обоснованная методика совместного применения источников гамма и рентгеновского излучений, позволяющая в полной мере использовать преимущества обоих методов облучения. Методика утверждена в рамках рабочей группы МЦИ (НИИ КТ).
- Внедрена инженерная методика учета влияния эффектов низкой интенсивности на основе задания «зоны НИ» и предварительной оценки влияния эффекта. Методика позволяет реализовать единый подход ко всем испытываемым ЭРИ в части эффектов НИ.
- Для реализации современных подходов к испытаниям ЭКБ по дозовым эффектам в ОАО «ЭНПО СПЭЛС» введены в эксплуатацию 2 новые гамма-установки, позволяющие проводить облучение с интенсивностями в диапазоне 0,01...20 ед./с и контролем всех информативных параметров на предельных частотах в процессе облучения

