

Статистический подход к SPICE-моделированию элементов ИС при радиационном воздействии: основные принципы

И.И. Швецов-Шиловский, А.В. Согоян, А.И. Чумаков

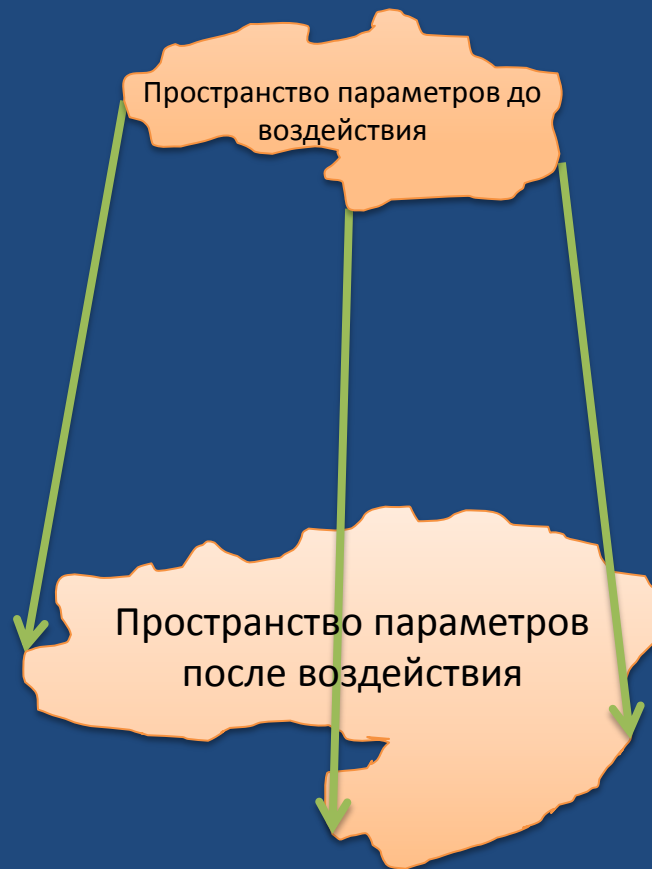
АО «ЭНПО СПЭЛС» - ИЭПЭ НИЯУ МИФИ
1-2 марта 2017 г.

Зависимость параметров элементов ИС от уровня воздействия

Способы оценки радиационной стойкости ИС путем моделирования:

- Расчет на наихудший случай;
 - *Набор параметров, отвечающих наихудшему случаю, реализуется крайне редко или может вообще не иметь место*
- Расчет среднего значения параметров;
 - *Оценка может оказаться завышенной*
- Статистическое моделирование и получение вероятностных значений параметров
 - *Информация о наиболее вероятном значении параметра;*
 - *Границы доверительного интервала могут быть использованы для расчета на наихудший случай*

Статистические задачи



Актуальность задачи

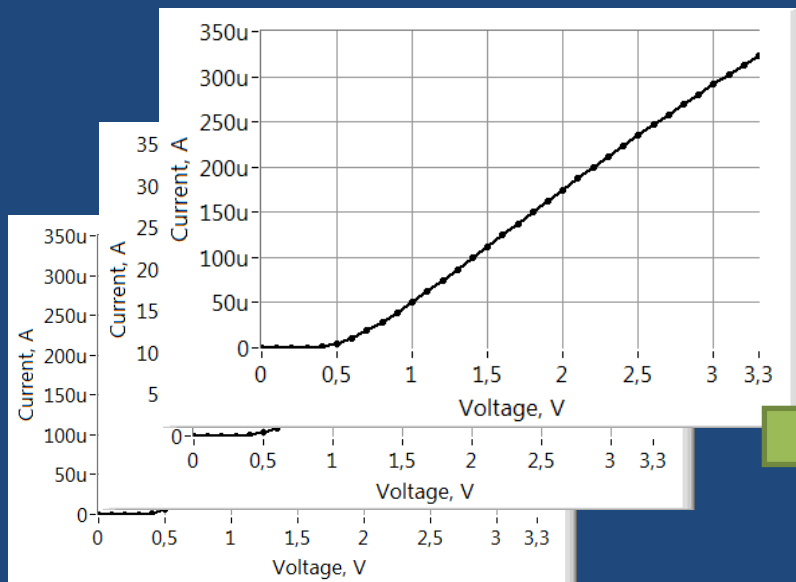
- Учет электрического режима работы отдельных элементов при моделировании сложных схем
 - При наличии данных о деградации тестовых элементов в различных режимах невозможно учесть их режим работы в реальной схеме
 - Наихудший случай для схемы в целом может не соответствовать наихудшим режимам ее составных частей
- Описание вариации параметров с учетом всех факторов неопределенности в рамках единого подхода

Алгоритм статистического подхода

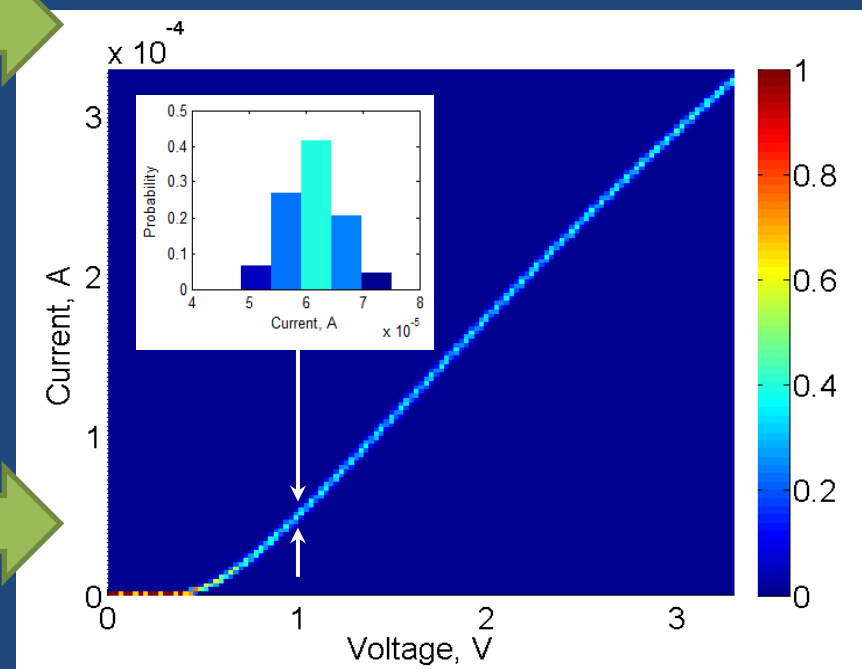
- Выбор модели
- Оценка начальной вариации параметров
 - Данные о технологии
 - Результаты проведенных измерений
- Выбор радиационно-чувствительных параметров
- Проведение радиационного эксперимента
- Получение зависимостей параметров и их вариации от уровня воздействия
- Формирование модели
- Верификация результата

Начальное распределение параметров

Сведения о технологии

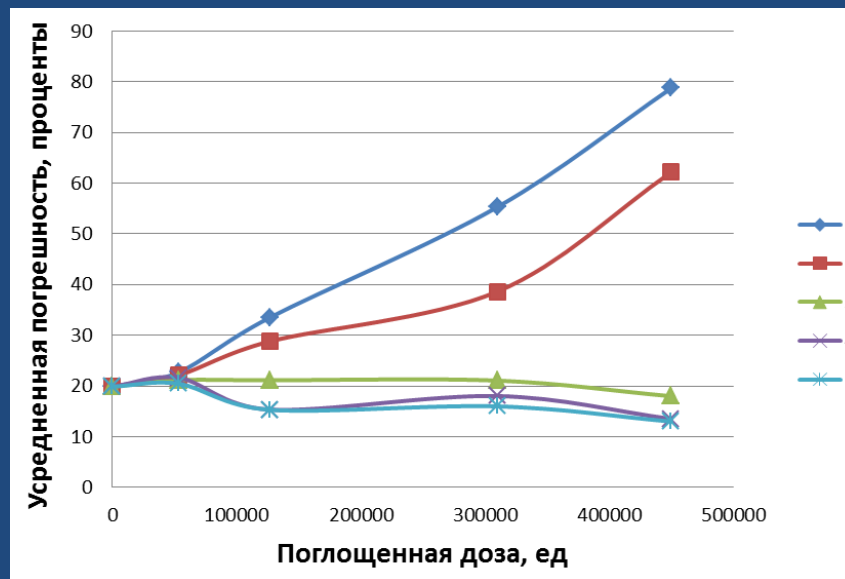
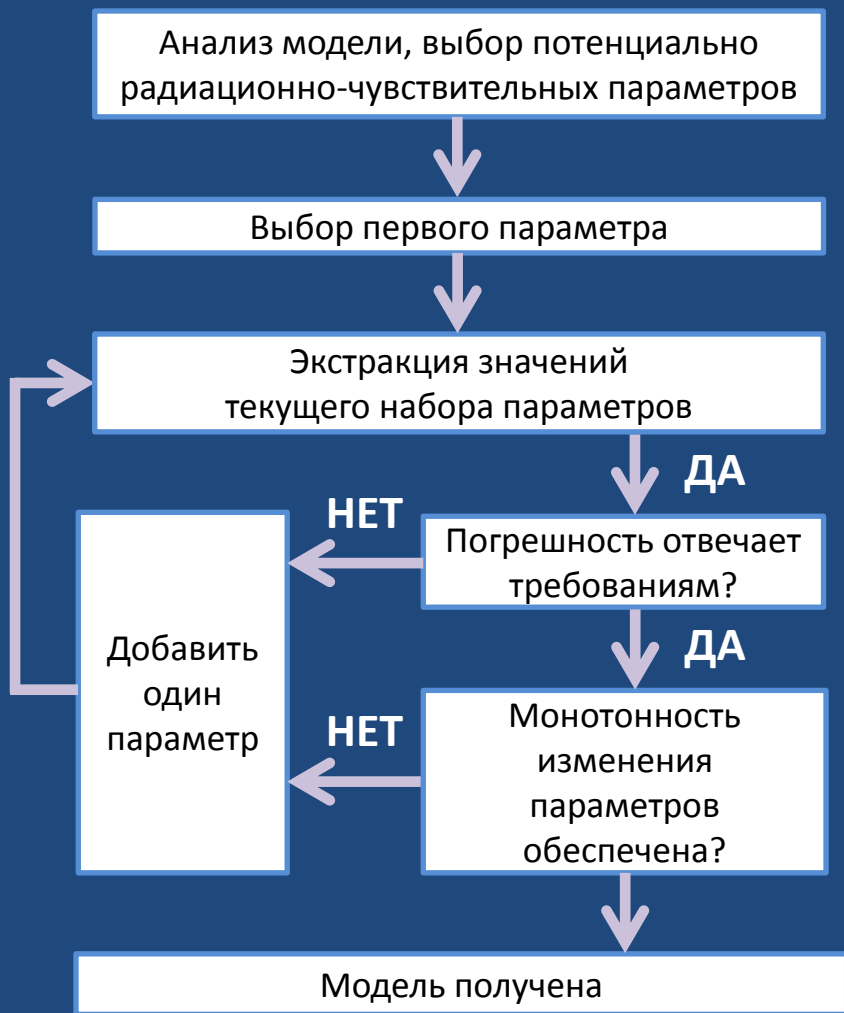


Результаты контроля выборки микросхем с помощью измерительного комплекса, который будет использоваться при облучении



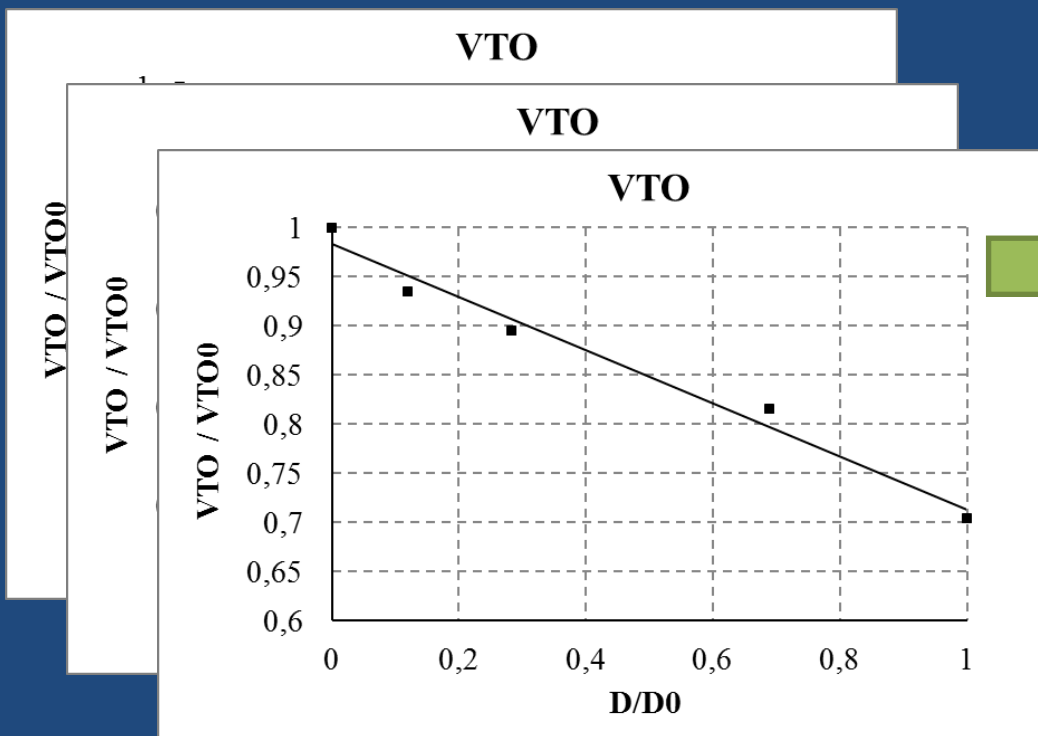
Статистическое распределение до начала воздействия

Выбор радиационно-чувствительных параметров



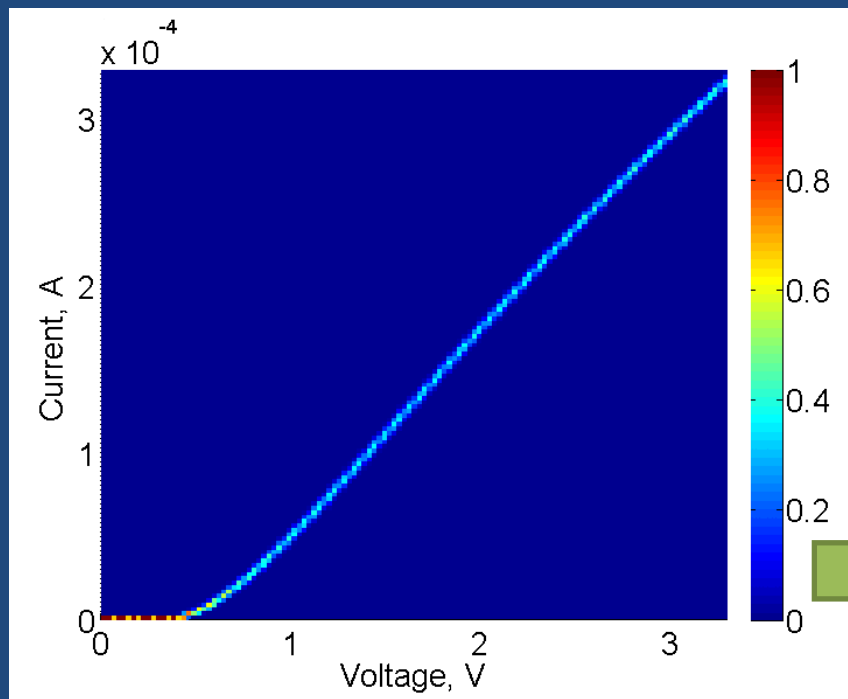
Зависимость усредненной погрешности (разность экспериментальных и расчетных точек) от числа параметров

Изменение параметров моделей при облучении: пример (дозовое воздействие)

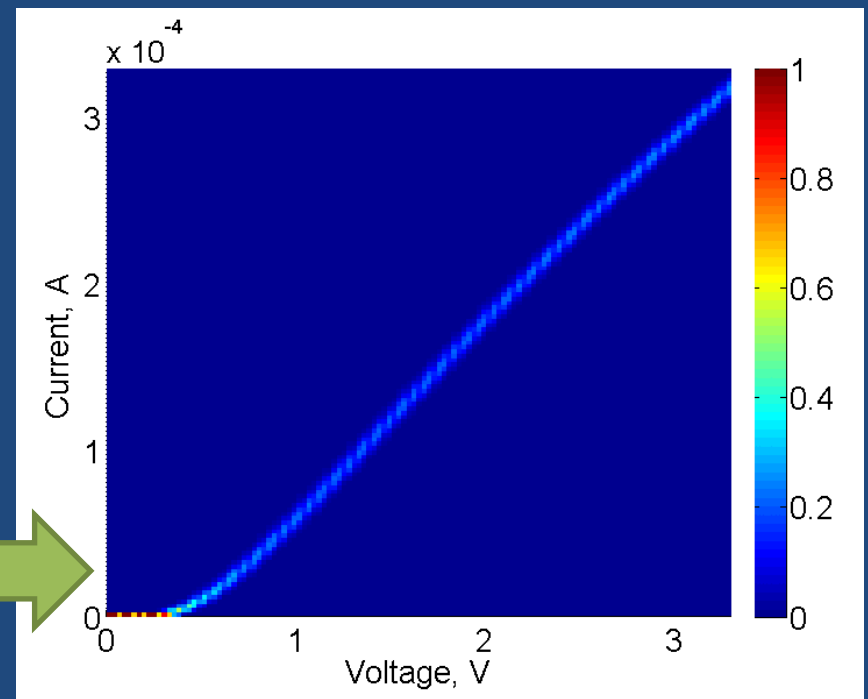


- .PARAM DOSE
- .PARAM SIGMADOSE
- SIGMADOSE = f(DOSE)
- VTO = f(DOSE, SIGMADOSE)

Конечное распределение параметров



Статистическое распределение до начала воздействия



Статистическое распределение после воздействия

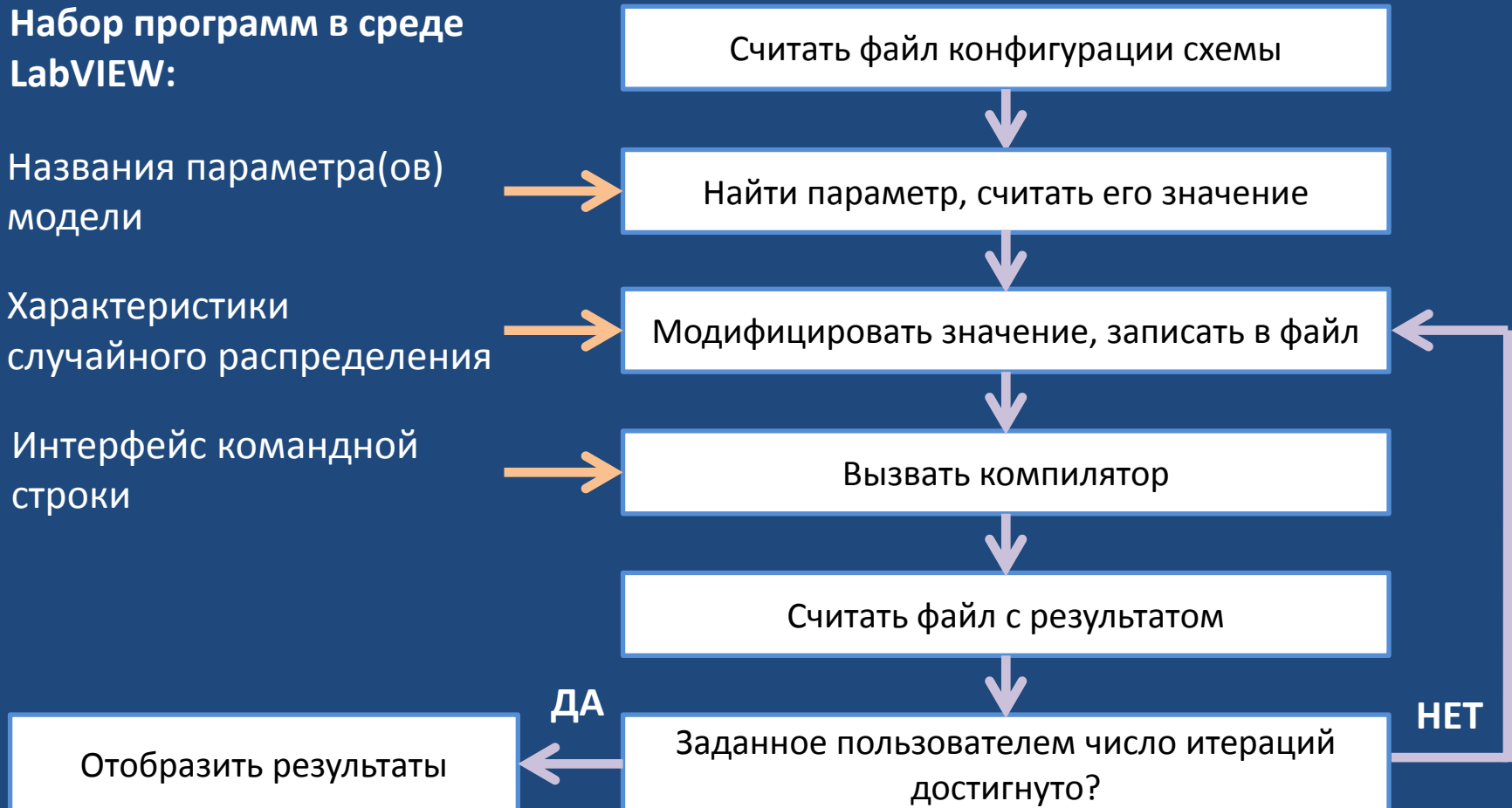
Внешние (относительно SPICE) программные средства для статистического моделирования

Набор программ в среде LabVIEW:

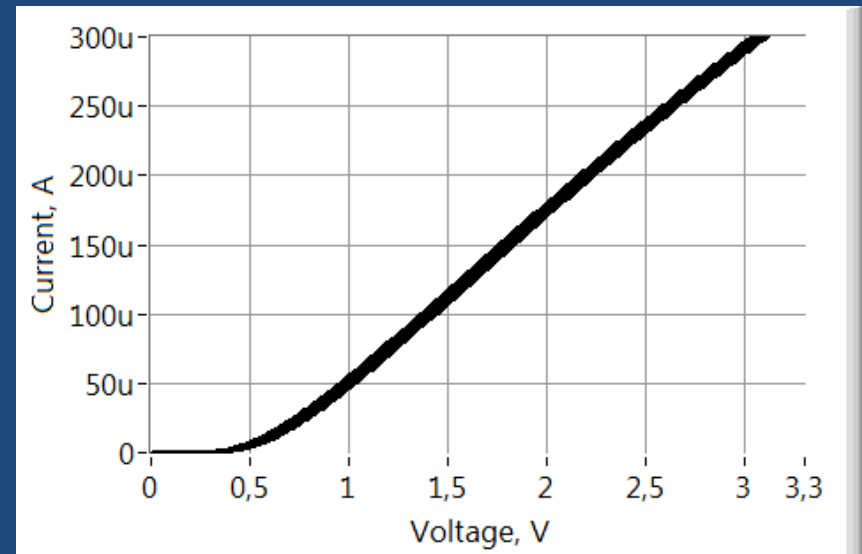
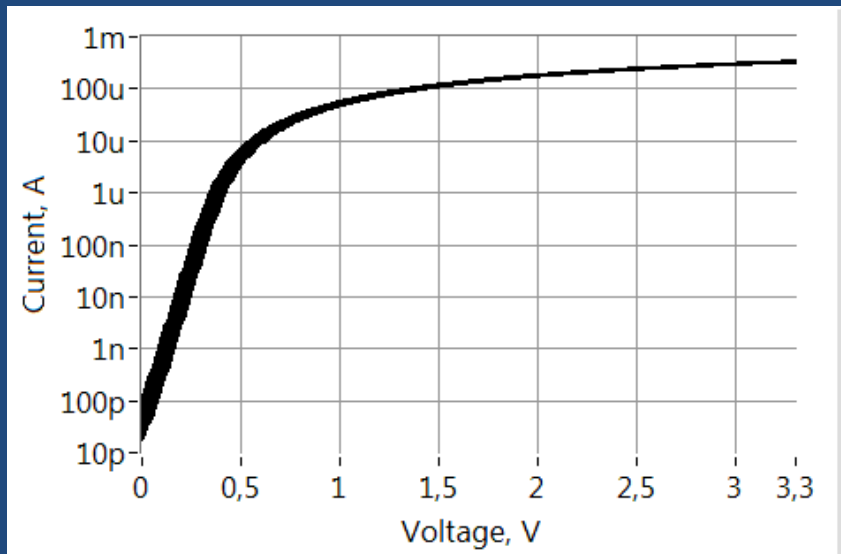
Названия параметра(ов) модели

Характеристики случайного распределения

Интерфейс командной строки



Вариация параметров моделей



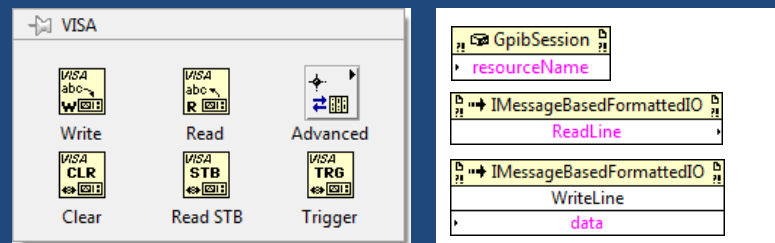
Статические вольт-амперные характеристики элементарных транзисторов при 20% вариации одного параметра модели **V_{TO}** (пороговое напряжение)

АПК на основе Keysight B1500A для контроля параметров тестовых структур

Keysight Connection Expert:

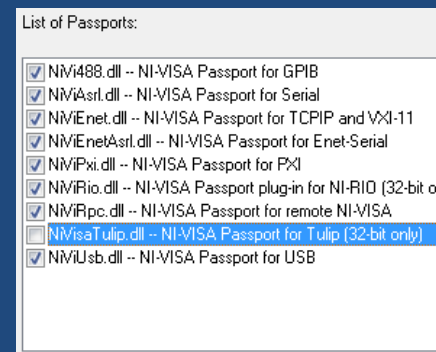
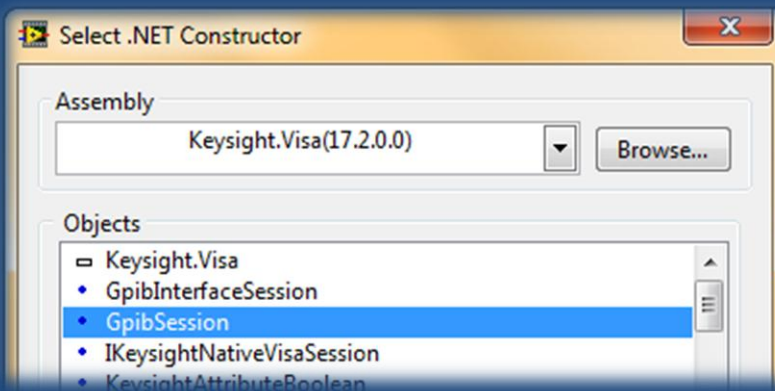
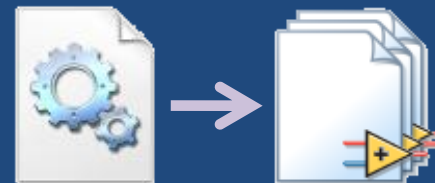
SMU 1517A

NI VISA -> KEYSIGHT VISA

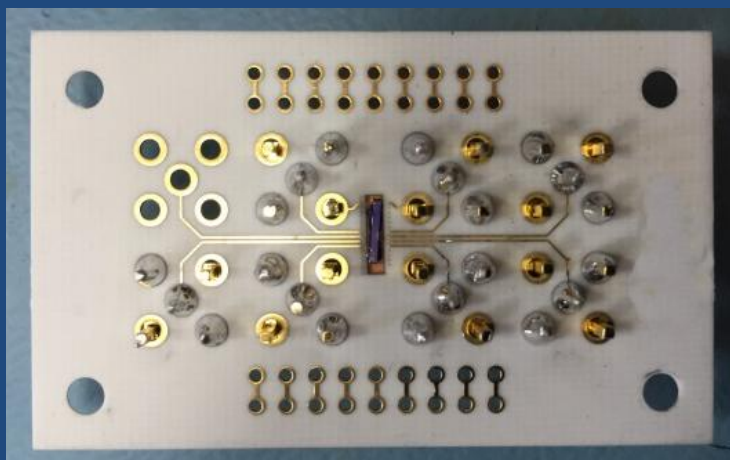
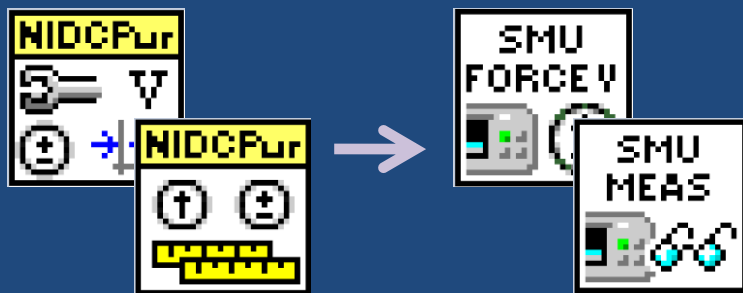


WGFMU 1530A

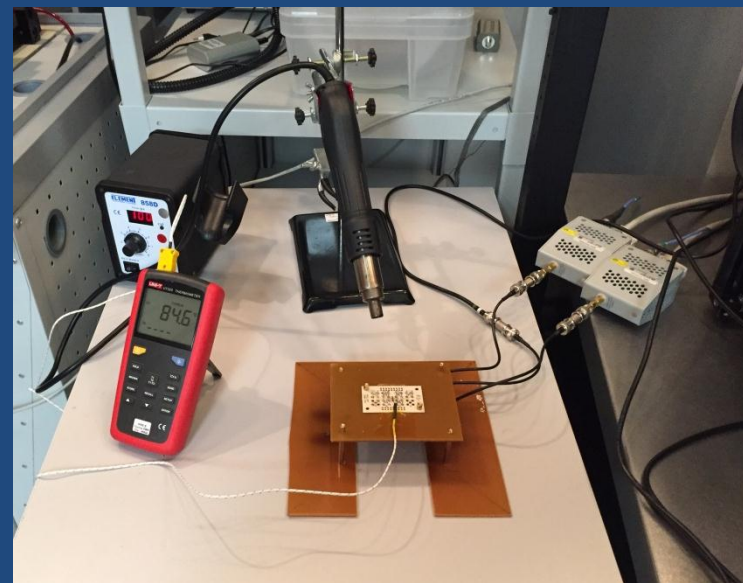
Keysight IO Libraries Suite



АПК на основе Keysight B1500A для контроля параметров тестовых структур



Печатная плата с образцом



Испытательная оснастка в сборе

Заключение

- Представлены элементы статистического подхода к моделированию элементов ИС при радиационном воздействии
- Показана возможность решения задачи только средствами SPICE и с использованием сторонних программных средств
- Представлен АПК на основе оборудования Keysight под управлением ПО LabVIEW

Спасибо за внимание!