

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОНИКИ И МАТЕМАТИКИ
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

МИЭМ



ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ
малых форм предприятий в научно-технической сфере

SuperJob

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

**Межвузовская
научно-техническая
конференция студентов,
аспирантов и молодых
специалистов им. Е.В. Арменского**

2016 г.

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

**МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОНИКИ И МАТЕМАТИКИ
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

**ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ МАЛЫХ ФОРМ ПРЕДПРИЯТИЙ
В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ**

ООО «СТУДЕНЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

**Межвузовская научно-техническая
конференция студентов, аспирантов
и молодых специалистов
им. Е.В. Арменского**

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Москва 2016г.

УДК 658.012; 681.3.06; 621.396.6.001.66(075); 621.001.2(031)

ББК 2+3

Н 34

Межвузовская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов им. Е.В. Арменского. Материалы конференции. - М. ~: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2016. - 412.

ISBN 978-5-94768-072-0

В материалах конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов представлены тезисы докладов по следующим направлениям: математика и компьютерное моделирование; информационно-коммуникационные технологии; автоматизация проектирования, банки данных и знаний, интеллектуальные системы; компьютерные образовательные продукты; информационная безопасность; электроника и приборостроение; производственные технологии, нанотехнологии и новые материалы; информационные технологии в экономике, бизнесе и инновационной деятельности; инновационные технологии в дизайне.

Материалы конференции могут быть полезны для преподавателей, студентов, научных сотрудников и специалистов, специализирующихся в области прикладной математики, информационно-коммуникационных технологий и электроники.

Редакционная коллегия: Тихонов А.Н., Аксенов С.А., Аристова У.В., Восков Л.С.
Карасев М.В., Кечиев Л.Н., Кулагин В.П., Леохин Ю.Л.,
Лось А.Б., Смирнов И.С., Титкова Н.С.

Издание осуществлено с авторских оригиналов.

ISBN 978-5-94768-072-0

ББК 2+3

© Московский институт электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 2016 г.

© Авторы, 2016г.

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ БИПОЛЯРНЫХ И МОП-ТРАНЗИСТОРОВ С УЧЕТОМ ТЕПЛОВЫХ И РАДИАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ

М.Р. Исмаил-Заде¹, Л.М. Самбурский^{1,2}
¹НИУ ВШЭ,
Департамент электронной инженерии
МИЭМ НИУ ВШЭ
²ИППМ РАН

Аннотация

Рассмотрены особенности измерения электрических характеристик биполярных и МОП-транзисторов в присутствии тепловых и радиационных эффектов. Описаны характеристики автоматизированного аппаратно-программного комплекса, в основе которого лежит набор измерительных приборов, методик измерений и обработки их результатов для транзисторов различного типа. Приведены примеры использования комплекса для исследования БТ и МОПТ, определения параметров их SPICE-моделей.

Введение

Электронные компоненты космической, телекоммуникационной и другой специальной аппаратуры деградируют под воздействием внешних факторов, в частности, температуры и радиации, что в свою очередь снижает надежность и долговечность работы аппаратуры и может привести к сбоям и/или отказам [1–3].

Для определения температурно- и радиационно-зависимых параметров моделей прибора необходим набор электрических характеристик, которые получают в результате специальных испытаний в наземных условиях. Заранее задаётся перечень дискретных значений воздействующих факторов, по достижении которых будут проводиться измерения электрических характеристик тестового прибора.

По сравнению измерениями в нормальных условиях процедура измерения существенно усложняется по причине использования сложного испытательного и измерительного оборудования, реализующего воздействие фактора того или иного вида; увеличения объема и процедур обработки измерений электрических характеристик; усложнения как SPICE-моделей, описывающих приборы с учетом спецфакторов, так и процедур экстракции их параметров из результатов измерений; усложнения процесса принятия решения о функциональной пригодности прибора в реальных условиях эксплуатации на основе данных по деградации параметров прибора.

В имеющихся публикациях для приборов различного типа и условий их применения в практике использования специальной аппаратуры задачи измерения электрических характеристик и определения параметров схемотехнических моделей решаются самостоятельно [4–9]. Измерительные средства и методики измерений, которые при этом используются, детально не описываются, а в ряде случаев являются тщательно охраняемыми фирменными секретами.

Подход к проведению эксперимента

Для измерения электрических характеристик различных типов исследуемых транзисторов и в условиях различных видов теплового и радиационного воздействия используется единый подход, включающий единый аппаратно-программный измерительный комплекс, методики измерения и методики обработки результатов измерений.

Общая отработанная базовая часть измерительной процедуры многократно вызывается в процессе работы, что позволяет упростить алгоритм получения и обработки ре-

зультатов измерений, сократить время измерений, а также уменьшить вероятность человеческих ошибок.

Для увеличения достоверности схемотехнических моделей, параметры которых определяются по результатам измерений, проводятся измерения на партии из нескольких (обычно от 5 до 20) тестовых элементов.

Контрольно-измерительные приборы, работающие под управлением ПО компьютера (управляющей среды Lab-View и отдельных макросов), подключаются к ЭВМ по стандартным интерфейсам.

Используется четырёхпроводный метод присоединения тестовых элементов к измерительной аппаратуре, что позволяет исключить влияние сопротивлений проводов.

Описание и результаты эксперимента

Облучение нейтронами. Проводятся измерения электрических характеристик при воздействии потока нейтронов для ряда значений флюенса, превышающих рабочие уровни облучения.

Так как процесс облучения вызывает наведенную активность на образцах и в помещении установки реактора, измерения обычно проводятся не в радиационной камере, а дистанционно с использованием длинных проводов. Это создает дополнительные потери в проводах, паразитные наводки, и в результате понижается достоверность измерений.

Автоматизация эксперимента дает возможность существенно уменьшить время обработки и форматирования данных измерений, и при необходимости, дистанционно управлять контрольно-измерительной аппаратурой.

В качестве примера на рис. 1 приведены входные характеристики и графики радиационно-индуцированного сдвига параметров дискретного биполярного транзистора средней мощности при различных значениях флюенса нейтронов.

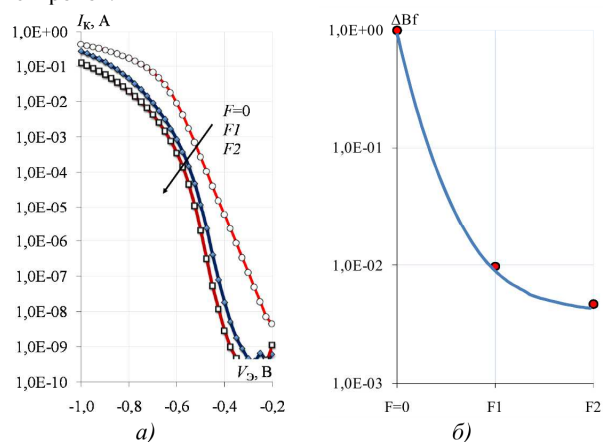


Рис. 1. Сравнение измеренных характеристик $I_K(V_{BE})$ биполярного транзистора при воздействии нейтронного облучения (а), сдвиг параметра $Bf(F)$ транзистора (б)

Облучение гамма-квантами. В случае облучения гамма-квантами на образцах отсутствует наведенная активность. Поэтому измерения характеристик образцов можно проводить на коротких кабелях. Однако, если требуется проведение измерений приборов, работающих в активном режиме, необходимо учитывать влияние сопротивлений проводов на характеристики БТ и МОПТ [10]. В обоих случаях измерения проводятся под управлением компьютера, как описано в предыдущем пункте.

В качестве примера на рис. 2 приведены статические электрические характеристики дискретного МОП-транзистора средней мощности при различных значениях дозы стационарного радиационного облучения, а также графики сдвига параметров транзистора с дозой.

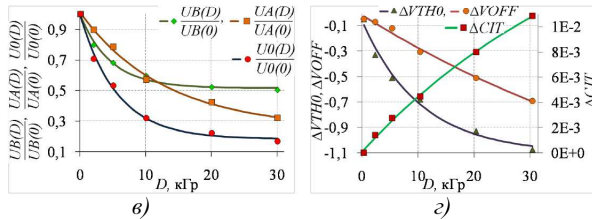
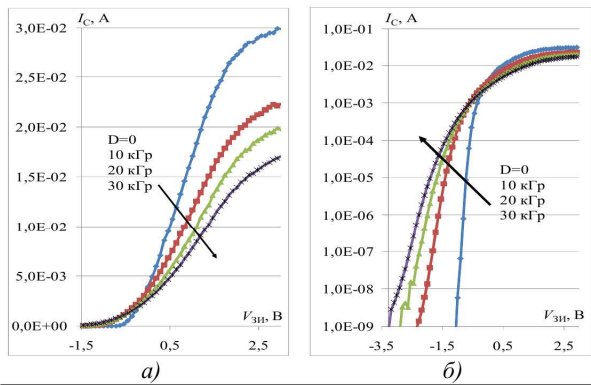


Рис.2. Измеренные сток-затворные характеристики исследуемого МОП-транзистора в линейном (а) и логарифмическом (б) масштабе при значениях дозы 0; 10; 20; 30 кГр; графики табличных и аппроксимирующих функций зависимости сдвига параметров модели от дозы: в) $UB(D)$, $UA(D)$, $U0(D)$; з) $VTH0(D)$, $VOFF(D)$, $CIT(D)$

Тепловое воздействие. Измерение электрических характеристик дискретных компонентов с учетом повышенной и пониженной температуры проводятся с использованием температурной камеры. Для нагрева интегральных компонентов используется зондовая станция в сочетании с термостолком.

Измерения при воздействии данного фактора требуют длительного времени установления теплового режима и часто ручного переключения тестовых элементов, так что автоматизированное управление нагревательным оборудованием в этом случае не дает заметной экономии времени. Однако, обработка результатов измерений проводится аналогично предыдущим пунктам.

В качестве примера приведены результаты измерений интегрального МОП-транзистора с размерами $W/L=10/0,18$ мкм при комнатной (23 °C) и повышенной (100 °C) температуре (см. рис. 3).

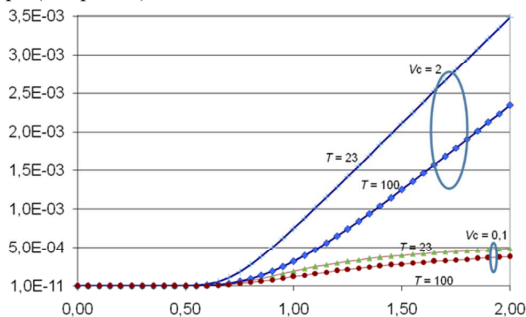


Рис.3. Сравнение измеренных характеристик МОПТ с $W/L=10/0,18$ мкм при комнатной (23 °C) и повышенной (100 °C) температуре

Заключение

Измерение характеристик биполярных и МОП-транзисторов в присутствии тепловых и радиационных факторов представляет собой многократно повторяемую многошаговую процедуру. На каждом шаге испытуемый прибор подвергается воздействию заданного фактора до достижения очередного уровня, после чего производится

измерение необходимого набора электрических характеристик.

По сравнению с традиционной методикой измерения транзисторов (в нормальных условиях) увеличивается объем измерений, усложняются условия проведения измерений при использовании изолированной температурной или радиационной камеры, расширяется схема измерений.

Все виды измерений и обработки массива результатов проводятся с использованием аппаратно-программного комплекса, в состав которого входит управляющая ЭВМ; подключенные к ней измерительные приборы; программное обеспечение для организации их взаимодействия, сохранения и предварительной обработки массива результатов измерений, последующей экстракции параметров схемотехнических моделей.

Приведены результаты измерений дискретных и интегральных биполярных и МОП-транзисторов при наличии температурных и радиационных факторов. Показаны температурно- и радиационно-индуцированные сдвиги основных параметров транзисторов.

Погрешность моделирования ВАХ во всех случаях не превышает 15 – 20%.

Список литературы:

1. Таперо К.И., Улимов В.Н., Членов А.М., Радиационные эффекты в кремниевых интегральных схемах космического применения // - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 304 с.
2. R. Arora, Z.E. Fleetwood, En Xia Zhang, N.E. Lourenco, J.D. Cressler, D.M. Fleetwood, R.D. Schrimpf, A.K. Sutton, G. Freeman and B. Greene, "Impact of Technology Scaling in sub-100 nm nMOSFETs on Total-Dose Radiation Response and Hot-Carrier Reliability", IEEE Trans. on Nuclear Science, Vol. 61, No.3, pp. 1426 – 1432, 2014.
3. Goel A. K., Tan T. H. High-temperature and self-heating effects in fully depleted SOI MOSFETs // Microelectronics journal. – 2006. – Т. 37. – №. 9. – С. 963-975
4. Петросянц К. О., Харитонов И. А. Модели МДП и биполярных транзисторов для схемотехнических расчетов БИС с учётом радиационного воздействия // Микроэлектроника, 1994. - Т. 23. - Вып. 1. - с. 21-34.
5. Petrosyants K.O, Kharitonov I. A., Sambursky L. M. et al. Simulation of total dose influence on analog-digital SOI/SOS CMOS circuits with EKV-RAD macromodel // Proc. of IEEE EWDTS Symp., 2012, pp. 60-65.
6. Бобровский Д.В. и др. Реализация базовых методов радиационных испытаний ЭКБ на основе аппаратно-программного комплекса аппаратуры National Instruments. Известия вузов. Электроника, № 5 (97). – 2012, с. 91-104.
7. Петросянц К. О., Гоманилова Н.Б., Харитонов И. А. и др. Проектирование радиационно-стойкого прецизионного усилителя на базе КНС КМОП технологии // Сборник научных трудов «Электроника, микро и нанoeлектроника» под ред. В.Я. Стенина, М., МИФИ, 2013, с. 296-302.
8. Petrosyants K.O., Kharitonov I.A., Sambursky L.M. Hardware-Software Subsystem for MOSFETs Characteristic Measurement and Parameter Extraction with Account for Radiation Effects // Advanced Materials Research, 2013, v. 718-720, pp. 750-755.
9. Li M., Fleetwood D. M., Schrimpf R. D. et al. Including radiation effects and dependencies on process-related variability in advanced foundry SPICE models using a new physical model and parameter extraction approach // IEEE Trans. Nucl. Sci., 58, 2011, pp. 2876-2882.
10. Petrosyants K. O., Kharitonov I. A., Sambursky L. M., Kozhukhov M. V., IV-Characteristics Measurement Error Resulting from Long Cables for Irradiated Bipolar Junction Transistors //Advanced Materials Research. – 2015. – Т. 1083. – С. 185-189.

Троян П.Е. Нагайчук С.Г. Аргунов Д.П. Змановский П.А. Изучение электрофизических параметров пленок окислов титана применяемых при формировании мемристорных структур	272-273
Нуждин А.Д. Константинов Ю.А. Лабораторная рентгеновская рефлектометрия многокомпонентных жидкостей	274
Епифанов Н.А. Исследование зависимости процентного содержания α -фазы от толщины ВТСП-слоя, сформированного методом импульсного лазерного осаждения	275
Чурин А.В. Синхротронная станция "Ленгмюр": особенности рентгенооптической и управляющей систем	276
Терентьев А.В. Пруцков Г.В. Исследование структуры и химического состава композитных пленок ПФМС	277
Никоноров М.С. Технология изготовления пеностекла при помощи вспенивания жидкого стекла в интенсивных СВЧ электромагнитных полях	278
Рогачев А.В. Якунин С.Н. Новикова Н.Н. Коновалов О. Исследования локальной геометрии металлоцентров белка методом рентгеновской спектроскопии поглощения в геометрии полного внешнего отражения в европейском центре синхротронного излучения	279
Исмаил-Заде М.Р. Самбурский Л.М. Измерение электрических характеристик и определение параметров моделей биполярных и МОП-транзисторов с учетом тепловых и радиационных эффектов	280-281
Веселов Е.А. Метод синтеза кватернионных моделей подстилающей поверхности для получения информации о рельефе	282-283
Пруцков Г.В. Рогачев А.В. Терентьев А.В. Исследование многослойных структур на основе оксида европия совместным анализом рентгеновских методов	284
Самодуров Д.А. Исследование методов построения моделей КМОП транзисторов для высоких частот	284-285
Алибекова Ж.А. Разработка методики измерения тока короткого замыкания эталонных солнечных элементов на основе нанотехнологий в стандартных условиях	285-286
Миньков К.Н. Алексеева А.В. Разработка высокочувствительных сенсоров на основе оптических дисковых микрорезонаторов для определения малых концентраций наночастиц	286-288
Нагайчук С.Г. Аргунов Д.П. Змановский П.А. Элемент памяти мемристорного типа на основе пленок TiO_2-TiO_x нанометровой толщины	288-290
Вавилова Е.А. Рост высокотемпературных пленок AlGaIn методом аммиачной молекулярно-лучевой эпитаксии	290-291
Моренко А.И. Система стабилизации для беспилотного летательного аппарата	291
Колтунова В.Э. Чулкова Г.М. Технология изготовления квазиодномерных сверхпроводниковых наноструктур	292-293
Гурьева П.В. Применение синхротронного излучения для исследования материалов	293-294
Голиков А.Д. Гольцман Г.Н. Характеристики ультратонких сверхпроводящих пленок нитрида ниобия, полученных методом реактивного магнетронного распыления, и однофотонные детекторы на их основе	294-296
Александрова А.Б. Влияние электронного облучения на импульсную электрическую прочность диодов	296-297
Стахи А.В. Максименко А.В. Экстремальное наведения для антенны с шаговыми двигателями	297-298

**Межвузовская научно-техническая конференция студентов,
аспирантов и молодых специалистов им.Е.В.Арменского.
Материалы конференции.**

ISBN 978-5-94768-072-0



Подписано в печать 12.02.2016г. Формат 60x84/8. Бумага офсетная №2.
Печать ризография. Усл.печ.л. 52. Уч.-изд.л. 46,8. Тираж 100 экз.
105118, Москва, ул.Буракова, д.8