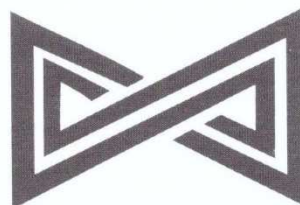


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»  
МОСКОВСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО РАДИОТЕХНИКИ,  
ЭЛЕКТРОНИКИ И СВЯЗИ им. А.С.ПОПОВА



**XVI Всероссийская научно-техническая  
конференция  
«Электроника, микро- и наноэлектроника»:  
3 -7 июля 2017 года, г. Суздаль, Россия**

Москва 2017 год

**УДК 621.38+621.38.049.77+621.382.049.77**

**ББК 32.85+32.852**

**Э45**

XVI Всероссийская научно-техническая конференция «Электроника, микро- и наноэлектроника»: 3-7 июля 2017 года, г. Суздаль, Россия

М.: Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, 2017. - 72 с.

Сборник содержит программу и тезисы докладов 16-ой Всероссийской научно-технической конференции «Электроника, микро- и наноэлектроника», проводимой в г. Суздаль с 3 по 7 июля 2017 года Федеральным государственным учреждением «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской Академии наук», Московским научно-техническим обществом радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (Грант РФФИ № 17-07-20297 г).

Представленные тезисы отражают широкую панораму деятельности сотрудников российских вузов и научно-производственных организаций в областях электроники, микроэлектроники и наноэлектроники, а также специализирующейся в этих областях учащейся молодёжи.

Сборник предназначен для специалистов, аспирантов и студентов, интересующихся работами в области современной электроники.

© Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», 2017 г.

**ISBN 978-5-93838-062-2**

**Научная программа**  
**XVI Всероссийской научно-технической конференции**  
**«Электроника, микро- и нанoeлектроника»**

Понедельник, 3 июля

**15.00 - 20.00.** Регистрация и заселение

Вторник, 4 июля

**09.30 – 10.30.** Выступление сопредседателей Программно-организационного комитета конференции научного руководителя ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН академика РАН В.Б.Бетелина и директора ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН д.т.н., профессора С.Г.Бобкова .

**Секция 1. Проектирование СБИС. Нанoeлектроника**

*Вопросы маршрута проектирования сложнофункциональных блоков СБИС, в том числе на базе технологий с проектными нормами менее 100 нм*

**10.30-11.00.** В.Я.Стенин «Эффекты зарядовой связи элементов КМОП микросхем при воздействии одиночных ядерных частиц» (НИЯУ МИФИ, Москва, Россия).

**11.00-11.20.** М.С.Горбунов «Транзисторная гонка в космосе» (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН и НИЯУ МИФИ, Москва, Россия).

**11.20-11.40.** А.М.Антонова, М.Е.Барских, П.С.Зубковский «Способы фильтрации SNOOP-запросов в многоядерных микропроцессорах» (НИЯУ МИФИ и ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия).

**11.40-12.00. Coffee break**

**Секция 1. Проектирование СБИС. Нанoeлектроника (продолжение)**

**12.00-12.20.** С.И.Бабкин, С.И.Волков, А.С.Новосёлов «Исследование возможности использования технологии 05КНИ с вольфрамовой металлизацией для создания высокотемпературных интегральных схем» (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия).

**12.20-12.40.** В.В.Мастеров, Ю.Б.Рогаткин «Цифровая ФАПЧ для технологического процесса с нормами 65 нм» (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия).

**12.40-13.00.** К.О.Петросянц, Е.И.Батаруева, Н.И.Рябов «Расчёт задержек в межсоединениях цифровых СБИС с учётом электро-тепловых эффектов» (НИУ «Высшая школа экономики», Московский институт электроники и математики им. А.Н.Тихонова, Москва, Россия)

**13.00-14.00. Обеденный перерыв**

**Секция 1. Проектирование СБИС. Нанoeлектроника (продолжение)**

**14.10-14.30.** Л.М.Самбурский, М.Р.Исмаил-Заде, Е.Ю.Кузин, И.А.Четвериков, В.С.Даныкин «Исследование характеристик и определение параметров SPICE-моделей субмикронных КНИ МОПТ в диапазоне температуры до 300° С» (НИУ «Высшая школа экономики», Московский институт электроники и математики им. А.Н.Тихонова, Москва, Россия)



**10.30-10.50.** К.О.Петросянц «Библиотека SPICE-моделей МОП и биполярных транзисторов для расчёта КМОП и БиКМОП СБИС космического назначения» (НИУ «Высшая школа экономики», Московский институт электроники и математики им. А.Н.Тихонова, Москва, Россия)

**10.50-11.10.** И.А.Харитонов «Подсистема схемотехнического проектирования КМОП БИС с учётом совместного влияния радиационных и тепловых эффектов» (НИУ «Высшая школа экономики», Московский институт электроники и математики им. А.Н.Тихонова, Москва, Россия)

**11.10-11.30. Coffee break**

**Секция 3.** Радиационная стойкость электронных устройств и систем (*продолжение*)

**11.30-11.50.** М.Г.Дроздецкий, В.В.Орлов, Г.И.Зебрев «Моделирование статических токов радиационной утечки в КМОП схемах с высокой степенью интеграции» (НИЯУ «МИФИ», Москва, Россия)

**11.50-12.10.** А.М.Галимов, Р.М.Галимова, И.В.Елушов, Е.В.Мрозовская, Г.И.Зебрев «Программа расчета интенсивности одиночных сбоев от ТЗЧ космического пространства» (НИЯУ «МИФИ», Москва и Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия)

**12.10-12.30.** В.Е.Шунков, О.Н.Кусь, В.Ю.Прокопьев, А.Е.Назаренко, В.А.Бутузов, Ю.И.Бочаров «Схемотехнические методы обеспечения стойкости источников опорного напряжения к полной поглощённой дозе излучения» (ООО «ОКБ пятое поколение», Новосибирск, ООО «Мегарад», Новосибирск и НИЯУ «МИФИ», Москва, Россия)

**12.30-12.50.** А.П.Скоробогатов «Обзор методов расчета вероятности возникновения многократных сбоев в комбинационных элементах и памятях СБИС при воздействии ТЗЧ» (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия).

**13.00-14.00. Обеденный перерыв**

**Секция 3.** Радиационная стойкость электронных устройств и систем (*продолжение*)

**14.10-14.40.** В.В.Емельянов, А.С.Ватуев, Р.Г.Усейнов «Выход заряда из треков тяжёлых заряженных частиц в слоях диоксида кремния микроэлектронных структур» (ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва и АО «НИИП», Московская обл., г. Лыткарино, Россия)

**14.40-15.00.** Л.А.Щигорев «Методы исправления последствий отказов блоков статической оперативной памяти» (НИЯУ «МИФИ», ЗАО НТЦ «Модуль», Москва, Россия).

**15.00-15.20.** В.С.Першенков «История сотрудничества США-Россия в области радиационной стойкости электронных систем» (НИЯУ «МИФИ», Москва, Россия).

**15.20-15.40.** В.С.Першенков, А.С.Бакеренков, А.С.Родин, В.А.Фелицын, В.В.Беляков, А.Г.Мирошниченко, Ю.Д.Бурсиан, Н.С.Глухов «Эффект низкой интенсивности в кремний-германиевых транзисторах» (НИЯУ «МИФИ», Москва, Россия)

**15.40-16.00. Coffee break**



# Подсистема схемотехнического проектирования КМОП БИС с учётом совместного влияния радиационных и тепловых эффектов

И.А.Харитонов

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»  
(Московский институт электроники и математики им. А.Н.Тихонова), Москва, Россия,

E-mail: ikharitonov@hse.ru

**Ключевые слова:** КМОП БИС, САПР, радиационные эффекты, полученная доза, одиночные сбои, фототоки, тепловые эффекты, сбои, схемотехническое моделирование, SPICE модели, тестовые структуры, экстракция параметров, ICCAP.

При создании электронной аппаратуры для экстремальных применений, таких как, аэро-космическая телекоммуникационная и вычислительная аппаратура, энергопитание космических аппаратов, аппаратура атомных электростанций и др., требуются схемы, способные работать в экстремальных условиях одновременного воздействия низкой и/или высокой температуры и факторов радиации. Однако, подсистемы проектирования ИС и БИС с одновременным учетом тепловых и радиационных эффектов в открытой печати не описаны.

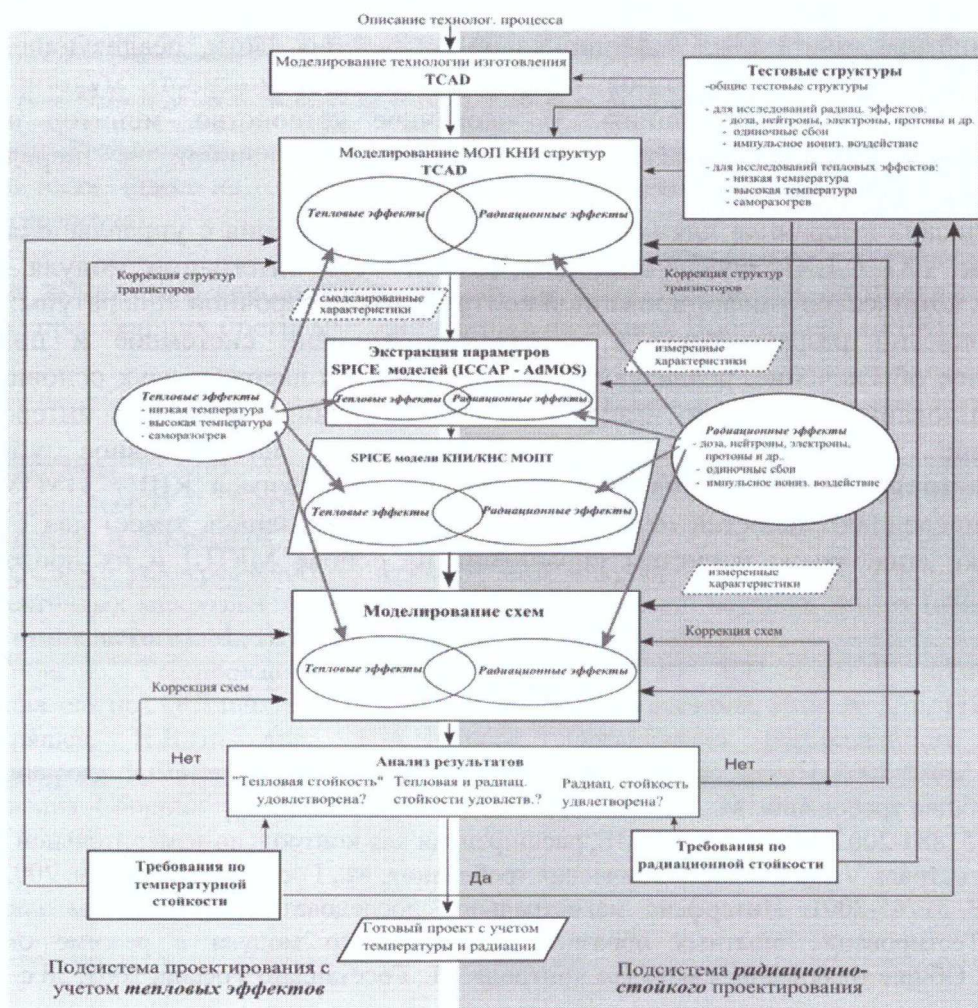


Рис. 1. Подсистема схемотехнического проектирования КМОП БИС с учётом совместного влияния радиационных и тепловых эффектов



Предложена САПР КМОП БИС, учитывающая совместное влияние радиационных эффектов и температуры. Она является развитием наших предыдущих работ [1-3]. Состоит из трех подсистем, реализующих три маршрута проектирования: 1) с учетом только температурных эффектов; 2) с учетом только радиационных эффектов; 3) с совместным учетом радиационных эффектов и температуры (см. рис. 1).

1) Подсистема радиационно-стойкого проектирования (Rad-hard CAD) описана в [5,6] и в отличие от своих ранних версий [2,3] учитывает влияние всех факторов (нейтроны, электроны, гамма, протоны, ОЯЧ, импульсное воздействие).

2) Подсистема «теплового» проектирования подробно описана в [1, 4] и учитывает влияние внешней температуры и внутренних эффектов саморазогрева. В отличие от аналогов, ее диапазон расширен от -200 до +300°C [7].

3) Подсистема совместного учета радиационных и тепловых эффектов аналогов не имеет. Ключевым элементом этой подсистемы является библиотека Electro-Rad-Therm SPICE моделей КМОП элементов [6].

Определение параметров этих моделей представляет собой достаточно сложную задачу, связанную с трудностями проведения электрических измерений в условиях совместного действия радиации и температуры [8]. Нами показано, что в целом ряде случаев натурные испытания можно заменить моделированием с помощью TCAD.

Опыт использования подсистемы показал ее эффективность для анализа стойкости КМОП ИС и БИС и выявления сбоев в них при воздействии факторов температуры [4] и радиации [9].

## Литература

1. К. О. Petrosjanc, I.A Kharitonov, N.I. Rybov, P.P. Maltcev. Software system for semiconductor devices, monolith and hybrid ICs thermal analysis // EURO-DAC '95/EURO-VHDL '95 Proc. of the conference on European design automation, 1995.
2. Е.П.Маляков, П.П.Мальцев, К.О.Петросянц, Н.И.Рябов, И.А.Харитонов. Подсистема автоматизированного проектирования интегральных схем, предназначенных для работы в условиях внешних воздействий. // Тезисы докладов на IX научно-технической конференции “Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления”, Гурзуф, май 1997, с. 34-36.
3. К.О. Petrosjanc, I. A. Kharitonov, A. S. Adonin. Multi-level Testing Strategy for Radiation Hardened SOI / SOS ICs // Proc. of the 3d IEEE Latin-American Test Workshop (LATW-2002), Montevideo, Uruguay, Feb. 2002, p. 199–204.
4. К.О.Петросянц, I.A.Kharitonov, N.I.Rjabov. Electro-thermal Design of Smart Power Devices and Integrated Circuits // Advanced Materials Research Vol. 918. Switzerland: Trans Tech Publications Inc., 2014.
5. I.A Kharitonov. Multi-level Methodology for CMOS SOI/SOS MOSFET Parameterization for IC Radiation Hardness Simulation with SPICE// Proc. of the 8-th IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS – 2010), 2010, pp. 358-361.
6. К.О.Петросянц, I.A.Kharitonov, L.M.Sambursky, A.S.Mokeev. Rad-Hard Versions of SPICE MOSFET Models for Effective Simulation of SOI/SOS CMOS Circuits Taking into Account Radiation Effects// Proc. of the 24th European conference on radiation and its effects on components and systems -2015 (RADECS 2015), Moscow, Russia, 2015. pp. 23-26.
7. С.В.Лебедев, К.О.Петросянц, Л.М.Самбурский, В.Г.Стахин, И.А.Харитонов, М.Р.Исмаил-Заде. Исследование характеристик КНИ МОП-транзисторов высокотемпературных ИС (до 300°C) при уменьшении размеров до 0,18 мкм. // Труды Международного форума "Микроэлектроника-2016". 2-я научная конференция "Интегральные схемы и микроэлектронные модули". М. : Техносфера, 2016, с. 237-238.
8. К.О.Петросянц, Л.М.Самбурский, И.А.Харитонов, М.В.Кожухов. Измерения электрических характеристик биполярных и МОП-транзисторов под действием радиации // Измерительная техника. 2016. № 10, с. 55-60.
9. К. О. Petrosyants, L. M. Sambursky, I. A. Kharitonov, B. G. Lvov. Radiation-Induced Fault Simulation of SOI/SOS CMOS LSI's Using Universal Rad-SPICE MOSFET Model //Journal of Electronic Testing: Theory and Applications (JETTA), 2017, Vol. 33, No. 1. pp. 37-51.



## СПИСОК АВТОРОВ ДОКЛАДОВ

1. А.В.Амирханов- стр. 8, 22
2. А.В.Андрианов- стр. 8, 9
3. А.А.Антонов- стр. 8, 11
4. А.М.Антонова- стр. 5, 13
5. А.В.Антонюк- стр. 8, 15
6. С.И.Бабкин- стр. 5, 16
7. А.С.Бакеренков- стр.7, 47
8. М.Е.Барских- стр. 5, 13
9. Е.И.Батаруева- стр. 5, 51
10. В.В.Беляков- стр. 7, 47
11. В.Б.Бетелин- стр. 5, 8
12. С.Г.Бобков- стр. 5, 8.
13. А.Ю.Богданов- стр. 6, 18
14. Д.В.Бородин- стр. 6, 19
15. Ю.И.Бочаров- стр. 7, 68
16. А.С.Будяков- стр. 8, 37
17. Ю.Д.Бурсиан- стр. 7, 47
18. В.А.Бутузов- стр. 7, 68
19. А.В.Ванюшкин- стр. 8, 21
20. В.В.Васильев- стр. 6, 19
21. А.С.Ватуев- стр. 7, 31
22. А.О.Власов- стр. 8, 11
23. С.И.Волков- стр. 5, 16
24. Е.А.Гагарин- стр. 8, 11
25. А.М.Галимов- стр. 7, 24
26. Р.М.Галимова- стр. 7, 24
27. Н.С.Глухов- стр. 7, 47
28. А.А.Глушко- стр. 8, 22
29. М.С.Горбунов- стр. 5, 26
30. В.С.Даныкин- стр. 5, 55
31. П.Ю.Демьянов- стр. 6, 63
32. В.Р.Джафаров- стр. 6, 28
33. М.Г.Дроздецкий- стр. 7, 29
34. И.В.Елушов- стр. 7, 24
35. В.В.Емельянов- стр. 7, 31
36. Г.И.Зебрев- стр. 7, 24, 29
37. П.С.Зубковский- стр. 5, 13
38. М.Р.Исмаил-Заде- стр. 5, 6, 55, 66
39. С.А.Кизиев- стр. 6, 33
40. Н.М.Клоков- стр. 8, 37
41. Е.Ю.Кузин- стр. 5, 6, 55, 66
42. О.Н.Кусь- стр. 7, 68
43. А.А.Краснюк- стр. 8, 21
44. М.С.Ладнушкин- стр. 6, 35
45. А.А.Лебедев- стр. 8, 37
46. В.В.Макарчук- стр. 8, 22
47. Н.В.Масальский- стр. 8, 39
48. В.В.Мастеров- стр. 5, 41
49. Н.Ю.Миронов- стр. 6, 63
50. А.Г.Мирошниченко- стр. 7, 47
51. О.В.Момотова- стр. 6, 43
52. Е.В.Мрозовская- стр. 7, 24
53. А.Е.Назаренко- стр. 7, 68
54. А.С.Новосёлов- стр. 5, 8, 16, 22
55. В.В.Орлов- стр. 7, 29
56. Ю.В.Осипов- стр. 6, 19
57. В.С.Першенков- стр. 7, 45, 47
58. К.О.Петросянц- стр. 5, 6, 7, 49, 51, 53
59. В.Ю.Прокопьев- стр. 7, 68
60. Ю.Б.Рогаткин- стр. 5, 41
61. А.С.Родин- стр. 7, 47
62. Н.И.Рябов- стр. 5, 51
63. Е.М.Савченко- стр. 8, 37
64. Л.М.Самбурский- стр. 5, 6, 53, 55
65. А.П.Скоробогатов- стр. 7, 57
66. Д.И.Слинкин- стр. 6, 59
67. К.К.Смирнов- стр. 6, 33
68. В.Я.Стенин- стр. 5
69. Е.С.Стенькин- стр. 6, 63
70. Д.В.Трошенков- стр. 8, 21
71. Д.А.Трубицын- стр. 8, 61
72. Р.Г.Усейнов- стр. 7, 31
73. В.А.Фелицын- стр. 7, 47
74. В.А.Харин- стр. 6, 63
75. И.А.Харитонов- стр. 6, 7, 53, 64, 66
76. И.А.Четвериков- стр. 5, 6, 55, 66
77. П.А.Чибисов- стр. 8, 61
78. В.Е.Шунков- стр. 7, 68
79. Л.А.Щигорев- стр. 7, 70
80. Г.А.Яшин- стр. 8, 22

Подписано в печать 22.05.2017 г.  
Формат 60х90/8  
Печать цифровая. Печатных листов 9,0.  
Тираж 120 экз. Заказ № 630.

Отпечатано в ППП «Типография «Наука»  
121099, Москва, Шубинский пер, 6