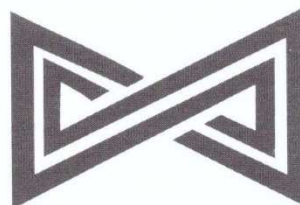


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
МОСКОВСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО РАДИОТЕХНИКИ,
ЭЛЕКТРОНИКИ И СВЯЗИ им. А.С.ПОПОВА



**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 наноэлектроника»

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. Наноэлектроника

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. Наноэлектроника (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. Наноэлектроника (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)

Исследование характеристик и определение параметров SPICE-моделей субмикронных КНИ МОПТ в диапазоне температуры до 300°C

Л. М. Самбурский, М. Р. Исмаил-Заде, Е. Ю. Кузин,
И. А. Четвериков, В. С. Данькин

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

E-mail: lsambursky@hse.ru

Ключевые слова: КНИ МОПТ, высокотемпературная электроника, компактные SPICE-модели, экстракция параметров моделей, САПР

В настоящее время возрастает потребность в интегральных схемах, способных стабильно работать в условиях повышенных температур в самых разных областях применения: в автомобильной промышленности, кораблестроении, ядерной энергетике и нефтегазовой промышленности [1].

С ростом температуры в МОП транзисторах увеличиваются токи утечки, снижается пороговое напряжение и уменьшается подвижность носителей в канале, что ведет к спаду крутизны. Поэтому получили распространение структуры «кремний на изоляторе», в которых ток утечки существенно ниже и медленнее растет с повышением температуры [2].

Определение диапазона надежной работы электронного устройства требует интенсивного схемотехнического моделирования, которое требует точных математических моделей отдельных компонентов. Однако существующие модели для субмикронных КНИ МОПТ, которые применимы для высокотемпературного диапазона, имеют ряд недостатков. Например, модель [3] малоизвестна и не учитывает глубоко субмикронные эффекты в транзисторах, а модель [4] недостаточно точно описывает работу транзисторов при температурах выше 150°C.

Ранее авторами была предложена модифицированная компактная SPICE-модель [5] для высокотемпературного диапазона, основанная на стандартной модели BSIM-SOI4.4.0. Модифицированная модель использует расширенный набор температурных параметров и включает доработанные температурные уравнения. Это относится к параметрам, отвечающим за пороговое напряжение (V_{TH0} , K_1 , K_2 и др.), подвижность (U_0 , U_A , U_{Bi} и др.), токи утечки p-n-переходов (J_{DIFS} , $NDIODES_{Si}$ и др.) и др.

В данной статье было произведено определение параметров данной модели для 0,18-мкм КНИ КМОП-технологии с использованием измеренных данных.

При помощи автоматизированного комплекса [6] были измерены и исследованы характеристики набора КНИ МОП транзисторов А-типа, выполненных в двух технологических вариантах: для цифровых схем (напряжение питания 1,8 В, минимальная длина канала $L=0,18$ мкм) и аналоговых (напряжение питания 5 В, минимальная длина канала $L=0,5$ мкм) с различными значениями ширины W и длины L канала в диапазоне от минимальных до 10 мкм.

На основе анализа полученных данных (рис.1) можно сделать несколько выводов о сдвигах параметров МОПТ. Пороговое напряжение для транзисторов, выполненных в «цифровом» варианте, уменьшается на 14% при 300°C, а в «аналоговом» на 9%. Спад подвижности имеет близкие значения для двух вариантов технологии и достигает максимального значения в 60% при 300°C. Ток утечки возрастает на три порядка в диапазоне температур от 27 до 300°C.

Определение набора параметров SPICE-модели проводилось с помощью промышленного пакета экстракции SPICE-моделей IC-CAP. Исходными данными являются наборы измеренных ВАХ и ВФХ КНИ МОП-структур при разных полученных

значениях температуры, передаваемые в IC-CAP с помощью разработанного программного интерфейса.

На рис.2 представлено сравнение вольт-амперных характеристик «цифрового» КНИ МОПТ с $W/L=10/0,18$ мкм, измеренных и смоделированных с использованием полученной модели. На основании нашего опыта, погрешность моделирования ВАХ составляет не более 15% для набора транзисторов с разными размерами и при разных температурах.

Выводы. Измерены, обработаны и исследованы характеристики КНИ МОП-транзисторов, изготовленных в рамках «цифрового» и «аналогового» вариантов субмикронной КНИ КМОП-технологии, в расширенном диапазоне температуры до 300°C. Определены изменения основных параметров с ростом температуры. Разработана компактная SPICE-модель с учётом эффектов высокой температуры. На основе измеренных данных для обоих технологических вариантов определены параметры модели; погрешность моделирования ВАХ составила не более 15% в широком диапазоне изменения температуры (до 300°C) и размеров транзисторов.

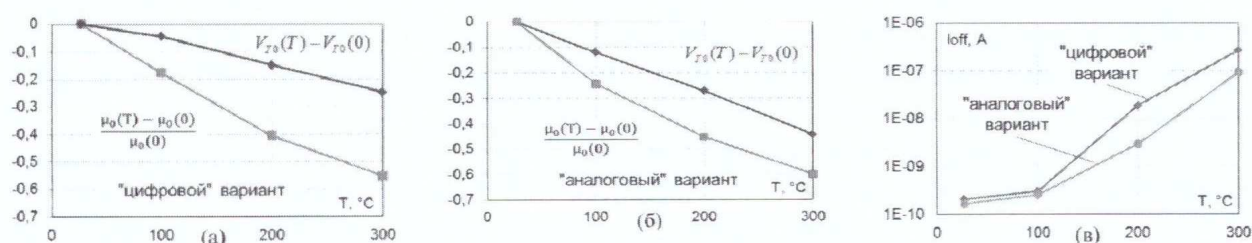


Рис.1 Абсолютный сдвиг порогового напряжения, относительный спад подвижности (а, б), рост тока утечки (в) измеренных КНИ МОПТ с $W/L=10/0,18$ мкм (цифровой – а, в), $W/L=10/0,5$ мкм (аналоговый – б, в) в температурном диапазоне от 27 до 300°C

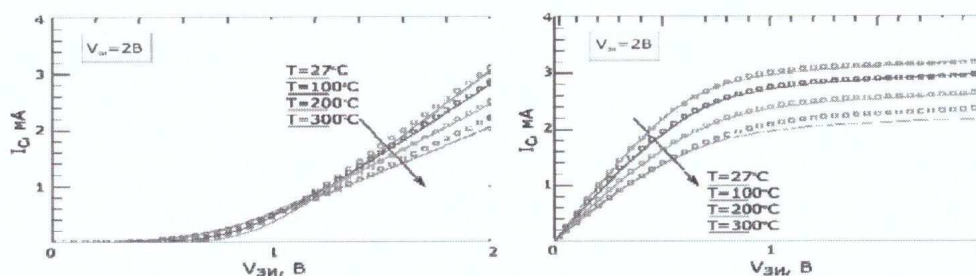


Рис.2 Сравнение измеренных и смоделированных характеристик «цифрового» КНИ МОПТ с $W/L=10/0,18$ мкм в температурном диапазоне от 27 до 300°C

Литература

1. A.Schmidt. Analog Circuit Design in PD-SOI CMOS Technology for High Temperatures up to 400° C using Reverse Body Biasing (RBB) – Universität Duisburg-Essen, Fakultät für Ingenieurwissenschaften» Elektrotechnik und Informationstechnik, 2014.
2. J.P.Colinge. Silicon-on-Insulator Technology: Materials to VLSI: Materials to Vlsi. – Springer Science & Business Media, 2004;
3. D.S.Jeon, D. E.Burk. “A temperature-dependent SOI MOSFET model for high-temperature application (27 C-300 C),” IEEE Trans. on Electron Devices, vol. 38, no. 9, pp. 2101-2111, 1991.
4. BSIMSOI3.2 MOSFET Model User’s Manual. BSIM Group, UC Berkeley
5. K. O. Petrosyants, S. V. Lebedev, L. M. Sambursky, V. G. Stakhin, I. A. Kharitonov. “Temperature Characterization of Small-Scale SOI MOSFETs in the Extended Range (to 300°C),” in Proc. of 22nd International Workshop on Thermal Investigation of ICs and Systems (Therminic 2016), 2016, pp. 250–254.
6. A.Yu. Romanov et al. Hardware-Software System for Automation of Characteristics Measurement of SOI CMOS VLSI Elements under Extreme High Temperature Conditions (up to 300° C) // Proceedings of the 2017 IEEE Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (2017 ElConRus). – IEEE, 2017. – С. 61-66.

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.Кизи́ев- 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