

**"ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА.
Серия 3. МИКРОЭЛЕКТРОНИКА"****Редакционный совет****Главный редактор**Красников Г.Я., д.т.н.,
академик РАН**Члены редакционного совета****Аристов В. В.,**

член-корреспондент РАН

Асеев А. Л., д. ф.-м. н.,

академик РАН

Бетелин В. Б., д. ф.-м. н.,

академик РАН

Бокарев В. П., к. х. н.,

ответственный секретарь

Бугаев А. С., д. ф.-м. н.,

академик РАН

Быков В. А., д. т. н.**Галиев Г. Б.,** д. ф.-м. н.**Горбачевич А. А.** д. ф.-м. н.,

член-корреспондент РАН

Горнев Е. С., д. т. н.,

зам. главного редактора

Грибов Б. Г., д. х. н.,

член-корреспондент РАН

Зайцев Н. А., д. т. н.**Ким А. К.,** к. т. н.**Критенко М. И.,** к. т. н.**Немудров В. Г.,** д. т. н.**Петричкович Я. Я.,** д. т. н.**Сигов А. С.,** д. ф.-м. н.,

академик РАН

Стемпковский А. Л., д. т. н.,

академик РАН

Чаплыгин Ю. А., д. т. н.,

академик РАН

Шелепин Н. А., д. т. н.,

зам. главного редактора

Эннс В. И., к. т. н.**Адрес редакции**

124460 г. Москва, Зеленоград,

1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1

+7 495 229-70-43

journal_EEM-3@mikron.ru

www.niime.ru/

zhurnal-mikroelektronika

Журнал издается с 1965 года

УчредительАО "Научно-исследовательский
институт молекулярной
электроники"**КОЛОНКА РЕДАКТОРА** 4**РАЗРАБОТКА И КОНСТРУИРОВАНИЕ****С. В. ГАВРИЛОВ, Д. А. ЖЕЛЕЗНИКОВ, И. А. ЛИПАТОВ,
И. В. ТИУНОВ**Маршрут проектирования для отечественных
программируемых интегральных схем специального
назначения: интеграция с существующими промышленными
средствами автоматизированного проектирования и решение
проблем импортозамещения 5–11**ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИЯ****Г. Я. КРАСНИКОВ, Е. С. ГОРНЕВ, П. В. ИГНАТОВ,
Д. С. МИЗГИНОВ**Конструктивно-технологические методы реализации
транзисторов, ориентированных на высокое напряжение
питания 12–15**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ****Г. Я. КРАСНИКОВ, Е. С. ГОРНЕВ, И. В. МАТЮШКИН**Общая теория технологии и микроэлектроника:
Часть 2. Вопросы метода и классификации 16–41**В. Л. ЕВДОКИМОВ**Молекулярно-кинетическая модель процесса осаждения
слоев из газовой фазы 42–55**И. А. ЛЫСЕНКО, Д. Д. ЗЫКОВ, Е. В. АНИЩЕНКО,
Н. Ю. ХАБИБУЛИНА**SILVACO TCAD как инструмент для моделирования
фотолитографии 56–61**НАДЕЖНОСТЬ****Д. В. ТЕЛЬПУХОВ, В. С. РУХЛОВ, А. Н. СТАШЕВСКИЙ,
Ю. Ф. АДАМОВ**Исследование метода инжектирования ошибок в задаче
оценки сбоеустойчивости логических схем в базисе ПЛИС 62–67**АННОТАЦИИ** 68

**"ELECTRONIC ENGINEERING.
Series 3. MICROELECTRONICS"**

Editorial Council

Chief Editor

G.Ya. Krasnikov, Sc. D.,
Full Member of the RAS

The Members

of Editorial Council

Aristov V.V., Sc. D.,
Corresponding Member of the RAS

Aseev A.L., Sc. D.,
Full Member of the RAS

Betelin V.B., Sc. D.,
Full Member of the RAS

Bokarev V.P., Ph.D.,
Responsible Secretary

Bugaev A.S., Sc. D.,
Full Member of the RAS

Bykov V.A., Sc. D.

Galiev G.B., Sc. D.

Gorbatsevich A.A., Sc. D.,
Corresponding Member of the RAS

Gornev E.S., Sc. D.,
Deputy Chief Editor

Gribov B.G., Sc. D.,
Corresponding Member of the RAS

Zaitsev N.A., Sc. D.

Kim A.K., Ph.D.

Kritenko M.I., Ph.D.

Nemudrov V.G., Sc. D.

Petrichkovich Ya. Ya., Sc. D.

Sigov A.S., Sc. D.,
Full Member of the RAS

Stempkovskiy A.L., Sc. D.,
Full Member of the RAS

Chaplygin Y.A., Sc. D.,
Full Member of the RAS

Shelepin N.A., Sc. D.,
Deputy Chief Editor

Enns V.V., Ph.D.

Editorial Staff Address

📍 1-st Zapadny pr-d 12, str. 1.
Zelenograd, Moscow,
124460, Russian Federation

☎ +7 495 229-70-43

✉ journal_EEM-3@mikron.ru

🌐 www.niime.ru/

zhurnal-mikroelektronika

The journal is published since 1965

Founder

"Molecular Electronics Research
Institute" Stock Company

EDITOR'S COLUMN 4

DEVELOPMENT AND DESIGNING

S. V. GAVRILOV, D. A. ZHELEZNIKOV, I. V. TIUNOV, I. A. LIPATOV
Design Flow for Domestic Programmable Integrated Circuits for
Special Purpose: Integration with Existing Computer-Aided Design
Systems and Solution for Problems of Import Substitution 5–11

PROCESSES AND TECHNOLOGY

G. YA. KRASNIKOV, E. S. GORNEV, P. V. IGNATOV, D. S. MIZGINOV
Constructive-Technological Methods for Implementing Transistors
Aimed at High Supply Voltage 12–15

MATHEMATICAL SIMULATION

G. YA. KRASNIKOV, E. S. GORNEV, I. V. MATYUSHKIN
General Theory of Technology and Microelectronics:
Part 2. Issues of Methodology and Classification 16–41

V. L. EVDOKIMOV

Modeling of Kinetics of Chemical Vapor Deposition
and The Basic Characteristics of The Layers 42–55

I. A. LYSENKO., D. D. ZYKOV, E. V. ANISHCHENKO,

N. YU. HABIBULINA

Silvaco TCAD as a Tool for Photolithography Simulation 56–61

RELIABILITY

D. V. TELPUKHOV, V. S. RUKHLOV, A. N. STASHEVSKII,

YU. F. ADAMOV

The Research Method of Injecting Errors in The Problem
of Assessing The Failure Tolerance of The Logic Circuits in The Basis
of FPGA 62–67

ABSTRACTS68

The journal has included in the number of publications recommended for
publication of articles by applicants for academic degrees of candidate and
doctor of Sciences №1969 by the all-Russian attestation Commission (HAC)

МАРШРУТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ: ИНТЕГРАЦИЯ С СУЩЕСТВУЮЩИМИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ СРЕДСТВАМИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

В рамках данной работы был разработан маршрут автоматизированного проектирования для программируемых логических интегральных схем с архитектурой семейства 5510XC производства ПАО «Микрон». Для решения задач автоматизации проектирования с учетом курса на импортозамещение программных продуктов разработаны собственные программные средства, учитывающие специфику архитектуры ПЛИС семейства 5510XC. Программные средства собственной разработки обеспечивают проектирование на таких этапах маршрута, как технологическое отображение, кластеризация, размещение логических элементов и трассировка межсоединений. Кроме этого, разработанный и апробированный в ИППМ РАН совместно с АО «НИИМЭ» маршрут автоматизированного проектирования обеспечивает интеграцию с различными существующими промышленными средствами САПР: как коммерческими, так и свободно распространяемыми.

Ключевые слова: маршрут проектирования; автоматизация проектирования; программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС); система автоматизированного проектирования (САПР); импортозамещение

Сведения об авторах:

Гаврилов Сергей Витальевич, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом САПР, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт проблем проектирования в микроэлектронике" Российской академии наук, 124617, г. Москва, г. Зеленоград, корп. 1471, кв. 325, e-mail: sergey_g@ippm.ru

Железников Даниил Александрович, аспирант кафедры проектирования интегральных микросхем МИЭТ, младший научный сотрудник отдела САПР, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт проблем проектирования в микроэлектронике" Российской академии наук, 124498, г. Москва, г. Зеленоград, корп. 200А, кв. 126, e-mail: zheleznikov_d@ippm.ru

Тиунов Иван Викторович, аспирант кафедры проектирования интегральных микросхем МИЭТ, инженер-проектировщик 2 категории отдела САПР, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт проблем проектирования в микроэлектронике" Российской академии наук, 124683, г. Москва, г. Зеленоград, корп. 1505, кв. 76, e-mail: tiunov_i@ippm.ru

Липатов Иван Алексеевич, аспирант кафедры проектирования интегральных микросхем МИЭТ, инженер-исследователь отдела САПР, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт проблем проектирования в микроэлектронике" Российской академии наук, 124482, г. Москва, г. Зеленоград, ул. Юности, д. 13, к. 135, e-mail: lipatov_i@ippm.ru

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТРАНЗИСТОРОВ, ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАНИЯ

В данной статье рассматриваются различные варианты конструкции LDMOS-транзисторов, ориентированных на высокое напряжение питания. Рассмотренные конструкции позволяют добиться более высокого напряжения пробоя и более низкого сопротивления в открытом состоянии по сравнению со стандартной конструкцией LDMOS-транзистора.

Ключевые слова: высоковольтный транзистор, пробойное напряжение, ступенчатый затвор, кремний на изоляторе, профиль легирования

Сведения об авторах:

Красников Геннадий Яковлевич, доктор технических наук, академик Российской академии наук, Акционерное общество "Научно-исследовательский институт молекулярной электроники", 124460, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, 12/1, e-mail: gkrasnikov@mikron.ru

Горнев Евгений Сергеевич, доктор технических наук, Акционерное общество "Научно-исследовательский институт молекулярной электроники", 124460, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, 12/1, e-mail: egornev@mikron.ru

Игнатов Павел Викторович, главный конструктор элементной базы, Акционерное общество "Научно-исследовательский институт молекулярной электроники", 124460, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, 12/1, e-mail: paignatov@mikron.ru

Мизгинов Дмитрий Сергеевич, Акционерное общество "Научно-исследовательский институт молекулярной электроники", 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: dmizginov@mikron.ru

DESIGN FLOW FOR DOMESTIC PROGRAMMABLE INTEGRATED CIRCUITS FOR SPECIAL PURPOSE: INTEGRATION WITH EXISTING COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS AND SOLUTION FOR PROBLEMS OF IMPORT SUBSTITUTION

In this paper, we developed the automated design flow for programmable logic integrated circuits with family architecture of 5510XC manufactured by PJSC «Mikron». For solving the problems of design automation taking into account the course for import substitution we have developed our own software that consider the specific architecture of the FPGA family 5510XC. This software is used at following stages of the design flow: technology mapping, clustering, logic elements placement and interconnect routing. The proposed design flow was developed and tested in the IPPM RAS in cooperation with JSC «NIIME» and provides integration with various existing industrial CAD systems: both commercial and open source distributed.

Keywords: design flow; computer-aided design; Field-Programmable Gate Array (FPGA); automated design system; import substitution

Data of authors:

Gavrilov Sergey Vitalevich, doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the CAD Department at the Institute for Design Problems in Microelectronics of Russian Academy of Sciences, 1471–325, Zelenograd, Moscow, 124617, e-mail: sergey_g@ippm.ru

Zheleznikov Daniil Aleksandrovich, post graduate student of the Integrated Circuits Design Department of MIET, Junior Researcher of the CAD Department at the Institute for Design Problems in Microelectronics of Russian Academy of Sciences, 200A–126, Zelenograd, Moscow, 124498, e-mail: zheleznikov_d@ippm.ru

Tiunov Ivan Viktorovich, post graduate student of the Integrated Circuits Design Department of MIET, second category design engineer of the CAD Department at the Institute for Design Problems in Microelectronics of Russian Academy of Sciences, 1505–76, Zelenograd, Moscow, 124683, e-mail: tiunov_i@ippm.ru

Lipatov Ivan Alekseevich, post graduate student of the Integrated Circuits Design Department of MIET, research engineer of the CAD Department at the Institute for Design Problems in Microelectronics of Russian Academy of Sciences, 13–135, Unosti street, Zelenograd, Moscow, 124482, e-mail: lipatov_i@ippm.ru

CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL METHODS FOR IMPLEMENTING TRANSISTORS AIMED AT HIGH SUPPLY VOLTAGE

In this article various designs of LDMOS transistors aimed at high supply voltage are considered. Designs considered allow to achieve higher breakdown voltage and lower on-resistance compared to a standard design of an LDMOS transistor.

Keywords: high-voltage transistor, breakdown voltage, stepped gate, silicon on insulator, doping profile

Data of authors:

Krasnikov Gennadiy Yakovlevich, doctor of technical Sciences, Russian Academy of Sciences academician, Molecular Electronics Research Institute, Stock Company, 12/1, 1st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: gkrasnikov@mikron.ru

Gornev Evgeni Sergeevich, doctor of technical Sciences, Molecular Electronics Research Institute, Stock Company, 12/1, 1st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: egornev@mikron.ru

Ignatov Pavel Viktorovich, VLSI element base Chief designer, Molecular Electronics Research Institute, Stock Company, 12/1, 1st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: paignatov@mikron.ru

Mizginov Dmitriy Sergeevich, Molecular Electronics Research Institute, Stock Company, 12/1, 1st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: dmizginov@mikron.ru

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ТЕХНОЛОГИИ И МИКРОЭЛЕКТРОНИКА: ЧАСТЬ 2. ВОПРОСЫ МЕТОДА И КЛАССИФИКАЦИИ

Обсуждаются методологические и философские положения, лежащие в основе авторского варианта общей теории технологии. Раскрывается специфика технологии в приложении к техническим, биологическим и социальным системам и доказывается возможность их абстрактно-технологического описания. Введено понятие пантехнологии. Сформулирован ряд классификационных критериев для технологий.

Ключевые слова: технология, процесс, философия, философия техники, живые системы, общество, концептуальные методы, теория родов структур Бурбаки

Сведения об авторах:

Красников Геннадий Яковлевич, д.т.н., академик РАН, профессор, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Россия, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д.12/1, e-mail: gkrasnikov@mikron.ru

Горнев Евгений Сергеевич, д.т.н., профессор, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Россия, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12/1, e-mail: egornev@mikron.ru

Матюшкин Игорь Валерьевич, к.ф.-м.н. Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Россия, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12/1, e-mail: imatushkin@mikron.ru.

МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ СЛОЕВ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

Разработана молекулярно-кинетическая модель процесса осаждения слоев из газовой фазы, включающая комплексную схему и выражения для расчета скоростей стадий гетерогенного и гомогенного роста. Модель учитывает диффузию, адсорбцию и химическое превращение реагентов с образованием на подложке и в пограничном газовом слое основного, побочного продуктов и кластеров. Сформулированы показатели химической, структурной и топологической неоднородностей как базовых, определяющих отклонения технологических и эксплуатационных характеристик слоев. Даны выражения для количественной оценки и прогнозирования неоднородностей слоев для различных условий роста. Апробация модели на примере осаждения оксида кремния показала удовлетворительное соответствие расчетных и экспериментальных данных.

Ключевые слова: осаждение слоев, моделирование процесса, гетерогенный и гомогенный рост, побочные продукты, кластеры

Сведения об авторах:

Евдокимов Владимир Лукьянович, Публичное акционерное общество «Микрон», 124460, Россия, Москва, Зеленоград, 1-ый Западный проезд, д. 12/1, e-mail: vevdokimov@mikron.ru

SILVACO TCAD КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФОТОЛИТОГРАФИИ

Представлен краткий обзор программного обеспечения для моделирования фотолитографии. Описаны теоретические основы и особенности создания моделей данного технологического процесса в программном пакете Silvaco TCAD. Рассмотрены основные возможности модуля Optolith. Приведены результаты компьютерного моделирования различных этапов литографического процесса, рассмотрены факторы, влияющие на формирование изображения. Особое внимание уделено исследованию оптических явлений, сопровождающих процесс фотолитографии.

Ключевые слова: Silvaco TCAD, приборно-технологическое моделирование, фотолитография, фоторезист

Сведения об авторах:

Лысенко Ирина Александровна, аспирант кафедры БИС Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: caladenia92@gmail.com

Зыков Дмитрий Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры КИБЭВС Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: dmitry.zykov@tusur.ru

Анищенко Екатерина Валентиновна, заместитель начальника производственного отдела СВЧ МИС НПК «Микроэлектроника» Акционерного общества научно-производственной фирмы «Микран», 634041, г. Томск, пр-т Кирова, 51д, e-mail: aev@micran.ru

Хабибуллина Надежда Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры КСУП Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, e-mail: hnu@kcup.tusur.ru

GENERAL THEORY OF TECHNOLOGY AND MICROELECTRONICS: PART 2. ISSUES OF METHODOLOGY AND CLASSIFICATION

The methodological and philosophical foundations underlying the author's version of the General Technology Theory are discussed. The specificity of technologies in the application to technical, biological and social systems is revealed and the possibility of their abstract technological description is proved. The concept "panotechnology" is introduced. Some classification criteria for technology are formulated.

Keywords: technology, process, philosophy, philosophy of technology, living systems, society, conceptual design methods, Bourbaki's theory of structures

Data of authors:

Krasnikov Gennady Yakovlevich, Doctor of Engineering Sciences, Russian Academy of Sciences academician; Molecular Electronic Research Institute; Stock Company, 12/1, 1st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russian Federation, 124460, e-mail: gkrasnikov@niime.ru

Gornev Evgeni Sergeevich, Doctor of Engineering Sciences, Molecular Electronic Research Institute; Stock Company, 12/1, 1st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russian Federation, 124460, e-mail: egornev@niime.ru

Matushkin Igor Valerevich, Dr.Ph, Molecular Electronic Research Institute; Stock Company, 12/1, 1st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russian Federation, 124460, e-mail: imatushkin@niime.ru

MODELING OF KINETICS OF CHEMICAL VAPOR DEPOSITION AND THE BASIC CHARACTERISTICS OF THE LAYERS

Developed the molecular-kinetic model of formation of layers from the gas phase, including complex kinetic scheme and equations for calculations of the speeds of heterogeneous and homogeneous growth. The growth rate takes into account the stage of diffusion, adsorption and chemical reaction with the formation on the substrate and in a boundary layer of the main gas, by-products and clusters. Defined indicators of chemical, structural and topological inhomogeneities, as the base, define technological and operating characteristics of the layers. This expression for quantifying the baseline. Testing models for analysis of deposition process of silicon oxide showed satisfactory agreement between calculated and experimental data.

Keywords: deposition of layers, process Modelling, heterogenous and homogenous deposition, by-products, clusters

Data of authors:

Evdokimov Vladimir Lukjanovich, Mikron, JSC, 124460, Russian Federation, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadny proezd, 12/1, e-mail: vevdokimov@mikron.ru

SILVACO TCAD AS A TOOL FOR PHOTOLITHOGRAPHY SIMULATION

A brief overview of photolithography simulation software is presented. The theoretical foundations and peculiarities of the technological process simulation in Silvaco TCAD are described. The main features of Optolith module are considered. The computer simulation results of lithographic process various stages are presented, the factors affecting the formation of image are considered. Special attention is paid to the study of optical phenomena accompanying the photolithography.

Keywords: Silvaco TCAD, technology computer aided design, photolithography, photoresist

Data of authors:

Lysenko Irina Aleksandrovna, PhD student, DEP. BIS Tomsk state University of control systems and Radioelectronics, 40, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, e-mail: ca-ladenia92@gmail.com

Zykov Dmitrii Dmitrievich, candidate of technical Sciences, associate Professor, Tomsk state University of control systems and radio electronics, 40, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, e-mail: dmitry.zykov@tusur.ru

Anishchenko Ekaterina Valentinovna, Deputy head of production Department of microwave MIS NPK "Microelectronics", Joint stock company research and production company "Micran", 51 d, Kirova Ave., Tomsk, Russia, 634041, e-mail: aev@micran.ru

Habibulina Nadezhda Yurievna, candidate of technical Sciences, associate Professor of CSEA Tomsk state University of control systems and Radioelectronics, 40, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, e-mail: hnu@kcup.tusur.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ИНЖЕКТИРОВАНИЯ ОШИБОК В ЗАДАЧЕ ОЦЕНКИ СБОЕУСТОЙЧИВОСТИ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ В БАЗИСЕ ПЛИС

В данной статье предложен эффективный метод вычисления коэффициента чувствительности комбинационной схемы в базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Подробно описаны методы оценки сбоеустойчивости комбинационных схем в базе ПЛИС, и обоснован выбор коэффициента чувствительности схемы к одиночным ошибкам в качестве базовой технологически независимой метрики сбоеустойчивости комбинационных схем в базе ПЛИС.

Ключевые слова: оценка сбоеустойчивости, ресинтез, комбинационная схема, ПЛИС, инжектирование ошибок

Сведения об авторах:

Тельпухов Дмитрий Владимирович, кандидат технических наук, руководитель отдела Методологии проектирования интегральных схем, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт проблем проектирования в микроэлектронике" Российской академии наук, г. Москва, г. Зеленоград, ул. Советская, 3, e-mail: nofrost@inbox.ru

Рухлов Владимир Сергеевич, младший научный сотрудник отдела Методологии проектирования интегральных схем, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт проблем проектирования в микроэлектронике" Российской академии наук, г. Москва, г. Зеленоград, ул. Советская, 3, e-mail: vladimir.rukhlov@ippm.ru

Сташевский Александр Николаевич, стажер-исследователь отдела Методологии проектирования интегральных схем, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт проблем проектирования в микроэлектронике" Российской академии наук, г. Москва, г. Зеленоград, ул. Советская, 3, e-mail: melodyman25@mail.ru

Адамов Юрий Фёдорович, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник отдела Методологии проектирования интегральных схем, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт проблем проектирования в микроэлектронике" Российской академии наук, г. Москва, г. Зеленоград, ул. Советская, 3, e-mail: adamov@ippm.ru

THE RESEARCH METHOD OF INJECTING ERRORS IN THE PROBLEM OF ASSESSING THE FAILURE TOLERANCE OF THE LOGIC CIRCUITS IN THE BASIS OF FPGA

In this article we propose an effective method for the computation of the sensitivity coefficient combinational circuit in the basis of programmable logic integrated circuits (FPGA). Described methods for assessing the failure tolerance of combinational circuits in basis FPGA, and the choice of the coefficient of sensitivity of the method to a single error as a basic technology-independent metric of failure tolerance of combinational circuits in the basis of FPGA.

Keywords: Evaluation of fault tolerance, resynthesis, combinational circuit, FPGA, error injection

Tel'pukhov Dmitriy Vladimirovich, Candidate of Technical Science, Head of the department of integrated circuits design methodology, Zelenograd, Russia, Institute for Design Problems in Microelectronics of Russian Academy of Sciences, Sovetskaya st., 3, Zelenograd, Russia, 124365, e-mail: nofrost@inbox.ru

Rukhlov Vladimir Sergeevich, Junior researcher, Zelenograd, Russia, Institute for Design Problems in Microelectronics of Russian Academy of Sciences, Sovetskaya st., 3, Zelenograd, Russia, 124365, e-mail: vladimir.rukhlov@ippm.ru

Stashevskii Aleksander Nikolaevich, Trainee, Zelenograd, Russia, Institute for Design Problems in Microelectronics of Russian Academy of Sciences, Sovetskaya st., 3, Zelenograd, Russia, 124365, e-mail: melodyman25@mail.ru

Adamov Yuri Fedorovich, Doctor of Technical Science, Leading researcher, Zelenograd, Russia, Institute for Design Problems in Microelectronics of Russian Academy of Sciences, Sovetskaya st., 3, Zelenograd, Russia, 124365, e-mail: adamov@ippm.ru