



ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА

СЕРИЯ 3 МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

Научно-технический журнал

Выпуск 3(199) 2025

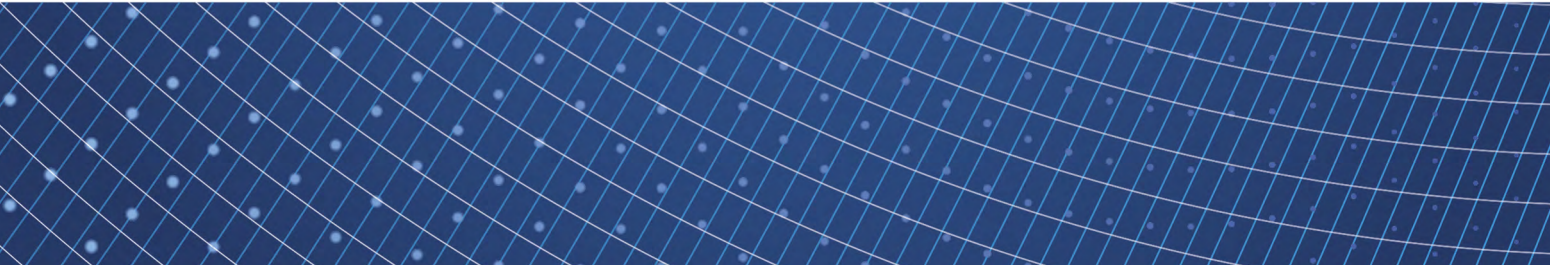
ELECTRONIC ENGINEERING

SERIES 3 MICROELECTRONICS

Scientific & Technical Journal

Issue 3(199) 2025

Москва, 2025



«ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА.**Серия 3.****МИКРОЭЛЕКТРОНИКА»****Редакционный совет****Главный редактор****Красников Геннадий Яковлевич,**
академик РАН**Члены редакционного совета****Асеев Александр Леонидович,**
академик РАН**Baklanov M. R., Sc. D.****Бетелин Владимир Борисович,**
академик РАН**Бокарев Валерий Павлович,**
ответственный секретарь, д. т. н.**Быков Виктор Александрович,**
д. т. н.**Галиев Галиб Бариевич, д.ф.-м.н.****Горбачевич Александр Алексеевич,**
академик РАН**Горнев Евгений Сергеевич,**
зам. главного редактора,
академик РАН**Ким Александр Кирилович, к. т. н.****Критенко Михаил Иванович, к. т. н.****Maev Roman Gr., Sc. D.****Петричкович Ярослав Ярославович,**
д. т. н.**Рощупкин Дмитрий Валентинович,**
член-корреспондент РАН**Сигов Александр Сергеевич,**
академик РАН**Стемпковский Александр****Леонидович, академик РАН****Чаплыгин Юрий Александрович,**
академик РАН**Шелепин Николай Алексеевич,**

зам. главного редактора, д. т. н.

Эннс Виктор Иванович, д. т. н.**Адрес редакции**✉ Россия, 124460, Москва,
Зеленоград, улица Академика
Валиева, дом 6, 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»**Слово редактора 4****Разработка и конструирование****И.А. Соболев, Ф.К. Чикин, И.А. Пискун.** Проблемы
маркировки подземных коммуникаций и методы их решения 5**И.В. Эпов, А.С. Соболев, А.Ю. Резник, Е.С. Горнев.**
Корреляционный метод считывания бесчиповой радиочастотной
метки с использованием согласованного фильтра 12**I.V. Epov, A.S. Sobolev, A.Yu. Reznik, E.S. Gornev.** Correlation
method of reading a chipless radio frequency tag using a matched
filter 21**Процессы и технология****А.М. Ефремов, В.Б. Бетелин, К.-Н. Kwon.** О взаимосвязях
параметров плазмы и кинетики травления кремния в смесях
 $CF_4 + Ar/He$ и $CHF_3 + Ar/He$ 29**А.П. Наумов, Д.В. Артемов.** Исследование и решение некоторых
задач по устранению проблем технологии получения пористого
 p -кремния методом анодного травления 39**A.P. Naumov, D.V. Artemov.** Research and solution of some
challenges in eliminating problems in the technology of obtaining
porous p -silicon by the anodic etching method 47**Математическое моделирование****А.Ю. Красюков, А.С. Ключников, Т.Ю. Крупкина, В.В. Лосев,**
Е.А. Артамонова. Возможности программ с открытым кодом
для решения задач приборно-технологического моделирования 54**И.В. Матюшкин.** Стандартная модель К-системы и предпосылки
её создания. Часть 1: история прототипов 65**Надёжность****В.В. Шубин.** Отказы интегральных схем, вызванные эффектом
смещения подложки 80**Аннотации 86**Журнал включен Высшей аттестационной комиссией (ВАК)
в число изданий, рекомендованных для публикации статей
соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук № 2906

"ELECTRONIC ENGINEERING. Series 3. MICROELECTRONICS"

Editorial Council Chief Editor

Krasnikov G. Ya.,
Full Member of the RAS

The Members of Editorial Council

Aseev A. L.,
Full Member of the RAS
Baklanov M. R., Sc. D.
Betelin V. B.,
Full Member of the RAS
Bokarev V. P., Sc. D.,
Responsible Secretary
Bykov V. A., Sc. D.
Galiev G. B., Sc. D.
Gorbatsevich A. A.,
Full Member of the RAS
Gornev E. S.,
Full Member of the RAS
of the RAS, Deputy Chief Editor
Kim A. K., Ph. D.
Kritenko M. I., Ph. D.
Maev Roman Gr., Sc. D.
Petrichkovich Ya. Ya., Sc. D.
Roshchupkin D. V.,
Corresponding Member of the RAS
Sigov A. S.,
Full Member of the RAS
Stempkovskiy A. L.,
Full Member of the RAS
Chaplygin Yu. A.,
Full Member of the RAS
Shelepin N. A.,
Deputy Chief Editor, Sc. D.
Enns V. I., Sc. D.

Editorial Staff Address

6/1, Akademika Valieva street,
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

I.A. Sobolev, F.K. Chikin, I.A. Piskun. Problems of underground
utility marking and methods for their solution 5

I.V. Epov, A.S. Sobolev, A.Yu. Reznik, E.S. Gornev. Correlation
method of reading a chipless radio frequency tag using a matched
filter 12, 21

Processes and technology

A.M. Efremov, V.B. Betelin, K-H Kwon. On relationships between
plasma parameters and silicon etching kinetics in $CF_4 + Ar/He$
and $CHF_3 + Ar/He$ gas mixtures 29

A.P. Naumov, D.V. Artemov. Research and solution of some
challenges in eliminating problems in the technology of obtaining
porous p-silicon by the anodic etching method 39, 47

Mathematical simulation

A.Yu. Krasukov, A.S. Kluchnikov, T.Yu. Krupkina, V.V. Losev,
E.A. Artamonova. Open source software possibilities for TCAD
simulation 54

I.V. Matyushkin. Standard model of the C-system
and the background for its invention. Part 1: The history
of prototypes 65

Reliability

V.V. Shubin. IC failures caused by substrate debiasing effect 80

Abstracts 86

Редакция журнала «Электронная техника. Серия 3: Микроэлектроника» сообщает,
что в выпуске №2-2025 по техническим причинам была допущена ошибка
в приведённом составе авторского коллектива статьи на стр. 5 «Схема обработки
сигналов матриц считывания с подавлением шума и неоднородностей», а также её
перевода на стр. 14. Состав авторов следует читать:

Е.О. Белоусов, Д.В. Кочетков, К.М. Моленкамп, П.А. Паташев,
А.В. Эннс, Н.А. Шелепин.

E.O. Belousov, D.V. Kochetkov, K.M. Molenkamp, P.A. Patashev,
A.V. Enns, N.A. Shelepin

В оглавлении наименование и список авторов статьи приведены правильно.
Редакция журнала приносит извинения за допущенную неточность.

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 № 2906 by the Higher attestation
Commission (HAC)

ПРОБЛЕМЫ МАРКИРОВКИ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

В работе исследованы RFID-метки для маркировки подземных коммуникаций с учётом особенностей распространения сигнала в грунте. Проведены расчёты и моделирование катушек индуктивности, используемых в низкочастотных RFID-метках. В качестве базовой рассматривалась трёхслойная катушка, а также предложена комбинированная конструкция с цилиндрической и спиральной намоткой. Расчёты и моделирование подтвердили её преимущества по индуктивности и добротности, что делает её перспективной для применения.

Ключевые слова: RFID-метки, подземные коммуникации, катушка индуктивности, низкочастотный диапазон, добротность.

Сведения об авторах:

Соболев Илья Алексеевич, АО «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Москва, Зеленоград, ул. Академика Валиева, д. 6, стр. 1, e-mail: isobolev@niime.ru;

Чикин Федор Константинович, ФГОУ высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», 141701, Московская область, Долгопрудный, Институтский переулок, д. 9, e-mail: feda012045@gmail.com;

Пискун Иван Андреевич, АО «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Москва, Зеленоград, ул. Академика Валиева, д. 6, стр. 1, e-mail: ipiskun@niime.ru

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД СЧИТЫВАНИЯ БЕСЧИПОВОЙ РАДИОЧАСТОТНОЙ МЕТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОГЛАСОВАННОГО ФИЛЬТРА

В работе представлен способ идентификации бесчиповой радиочастотной метки с применением разработанного согласованного фильтра. Продемонстрирована теоретическая возможность идентификации метки при разных значениях отношения сигнал-шум. Были рассчитаны взаимные корреляции разработанного фильтра с результатами измерения меток, показавшие высокую надежность считывания метки несмотря на ее электродинамическое окружение.

Ключевые слова: радиочастотная идентификация, бесчиповая метка, резонансная частота, согласованный фильтр, взаимная корреляция.

Сведения об авторах:

Илья Владимирович Эпов, АО «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Москва, Зеленоград, ул. Академика Валиева, д. 6, стр. 1, e-mail: epov.iv@phystech.edu;

Соболев Александр Сергеевич, кандидат физико-математических наук, Московский физико-технический институт, Институтский пер., д. 9, Долгопрудный, 141701, e-mail: sobolev.as@mipt.ru;

Анатолий Юрьевич Резник, Московский физико-технический институт, Институтский пер., д. 9, Долгопрудный, 141701, e-mail: areznik@mikron.ru;

Горнев Евгений Сергеевич, доктор технических наук, профессор, академик РАН, АО «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Москва, Зеленоград, ул. Академика Валиева, д. 6, стр. 1, e-mail: egornev@niime.ru

PROBLEMS OF UNDERGROUND UTILITY MARKING AND METHODS FOR THEIR SOLUTION

This study examines RFID tags for underground utility marking, considering signal propagation characteristics in soil. Calculations and numerical modeling of inductance coils used in low-frequency RFID tags were conducted. A three-layer coil was considered as the baseline, and a novel combined design with cylindrical and spiral windings was proposed. The calculations and modeling confirmed its advantages in terms of inductance and quality factor, making it a promising option for application.

Keywords: RFID tags, underground utilities, inductance coil, low-frequency range, quality factor.

Data of authors:

Sobolev Ilya Alekseevich, Molecular Electronics Research Institute, Stock Company, 124460, Moscow, Zelenograd, Akademika Valieva str., 6, building 1, e-mail: isobolev@niime.ru;

Chikin Fyodor Konstantinovich, Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), 9 Institutsky Lane, Dolgoprudny, Moscow Region, 141701, e-mail: feda012045@gmail.com;

Piskun Ivan Andreevich, Molecular Electronics Research Institute, Stock Company, 124460, Moscow, Zelenograd, Akademika Valieva str., 6, building 1, e-mail: ipiskun@niime.ru

CORRELATION METHOD OF READING A CHIPLESS RADIO FREQUENCY TAG USING A MATCHED FILTER

The paper presents a method for identifying a chipless radio frequency tag using a developed matched filter. The theoretical possibility of tag identification at different values of the signal-to-noise ratio is demonstrated. The cross-correlations of the developed filter with the measurement results of the tags were calculated, which showed high reliability of reading the tag despite its electrodynamic environment.

Keywords: radio frequency identification, chipless tag, resonant frequency, matched filter, cross-correlation.

Data of authors:

Ilya Vladimirovich Epov, «Molecular Electronic Research Institute», Stock Company, Akademika Valieva street, 6/1, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: epov.iv@phystech.edu;

Sobolev Alexander Sergeevich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Moscow Institute of Physics and Technology, Institutsky per., 9, Dolgoprudny, 141701, e-mail: sobolev.as@mipt.ru;

Anatoly Yuryevich Reznik, Moscow Institute of Physics and Technology, Institutsky Lane, 9, Dolgoprudny, 141701, e-mail: areznik@mikron.ru;

Gornev Evgeny Sergeevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, «Molecular Electronic Research Institute», Stock Company, Akademika Valieva street, 6/1, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: egornev@niime.ru

О ВЗАИМОСВЯЗЯХ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ И КИНЕТИКИ ТРАВЛЕНИЯ КРЕМНИЯ В СМЕСЯХ $\text{CF}_4 + \text{Ar/He}$ И $\text{CHF}_3 + \text{Ar/He}$

Проведено сравнительное исследование параметров плазмы и закономерностей реактивно-ионного травления кремния в смесях $\text{CF}_4 + \text{Ar/He}$ и $\text{CHF}_3 + \text{Ar/He}$. Показано, что замещение аргона на гелий в обеих смесях: а) возмущает электрофизические параметры плазмы; и б) приводит к снижению скорости образования и концентрации атомов фтора. Последний эффект обуславливает снижение скорости травления кремния, но сопровождается ростом эффективной вероятности гетерогенной реакции $\text{Si} + \text{xF} \rightarrow \text{SiFx}$ при близкой к постоянной температуре поверхности. Причиной этого является снижение полимеризационной способности плазмы.

Ключевые слова: фторуглеродные газы, плазма, активные частицы, травление, вероятность взаимодействия.

Сведения об авторах:

Александр Михайлович Ефремов, доктор химических наук, профессор, Научно-исследовательский институт молекулярной электроники, ул. Академика Валиева, д. 6, стр. 1, Зеленоград, Москва, Россия, 124460, e-mail: amefremov@mail.ru;

Владимир Борисович Бетелин, доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, Федеральное государственное учреждение Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, Нахимовский просп., д. 36, к. 1, Москва, Россия, 117218, e-mail: betelin@niisi.msk.ru;

Кван-Хо Квон, PhD, доцент, Корейский университет, 208 Сочан-Донг, Чочивон, Корея, 339-800, e-mail: kwonkh@korea.ac.kr

ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ ПО УСТРАНЕНИЮ ПРОБЛЕМ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТОГО P-КРЕМНИЯ МЕТОДОМ АНОДНОГО ТРАВЛЕНИЯ

Проведено исследование недостатков в технологии производства пористого кремния методом анодного травления (АТ) в условиях научной лаборатории и предпринята попытка устранить эти недостатки. Для этого был разработан и изготовлен вариант лабораторного оборудования для АТ кремния. На нём был получен ряд образцов пористого кремния с улучшенной повторяемостью выходных параметров, без краевых эффектов, с компактными размерами краевой зоны. Удалось значительно упростить технологию АТ кремния, в частности, отказаться от применения контактных токопроводящих паст. Предложено объяснение механизма возникновения краевых эффектов и технологическое решение для их устранения.

Ключевые слова: анодное травление (АТ), пористый кремний, краевой эффект.

Сведения об авторах:

Наумов Антон Петрович, ФГБУ науки «Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов» РАН, 142432, Московская область, г. Черноголовка, улица Академика Осипяна, д. 6, e-mail: arpaumov@iptm.ru, ant91on@yandex.ru;

Артемов Дмитрий Владимирович, ФГБУ науки «Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов» РАН, 142432, Московская область, г. Черноголовка, улица Академика Осипяна, д. 6

ON RELATIONSHIPS BETWEEN PLASMA PARAMETERS AND SILICON ETCHING KINETICS IN $\text{CF}_4 + \text{Ar/He}$ AND $\text{CHF}_3 + \text{Ar/He}$ GAS MIXTURES

A comparative study of both plasma parameters and reactive-ion etching kinetics of silicon in $\text{CF}_4 + \text{Ar/He}$ and $\text{CHF}_3 + \text{Ar/He}$ gas mixtures was carried out. It was shown that the substitution of argon by helium a) disturbs electro-physical plasma parameters; and b) causes decrease in both fluorine atom formation rate and density. The latter lowers silicon etching rate, but results in increasing effective probability for $\text{Si} + \text{xF} \rightarrow \text{SiFx}$ heterogeneous reaction at nearly constant surface temperature. This phenomenon is due to decreasing plasma polymerizing ability.

Keywords: fluorocarbon gases, plasma, active species, etching, reaction probability.

Data of authors:

Alexander Mikhailovich Efremov, full doctor (chemistry), full professor, Molecular Electronics Research Institute, Stock Company, Academic Valiev st., 6/1, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: amefremov@mail.ru;

Vladimir Borisovich Betelin, full doctor (physics and mathematics), full professor, academic of Russian Academy of Sciences, Scientific Research Institute of System Analysis of Russian Academy of Sciences, Nakhimovskiy ave., 36, bld. 1, Moscow, Russia, 117218, e-mail: betelin@niisi.msk.ru;

Kwang-Ho Kwon, PhD, Associate professor, Korea University, 208 Seochang-Dong, Chochiwon, Korea, 339-800, e-mail: kwonkh@korea.ac.kr

RESEARCH AND SOLUTION OF SOME CHALLENGES IN ELIMINATING PROBLEMS IN THE TECHNOLOGY OF OBTAINING POROUS P-SILICON BY THE ANODIC ETCHING METHOD

A study of the shortcomings in the technology of porous silicon production under scientific laboratory conditions by the anodic etching (AE) method was conducted and an attempt was made to eliminate these shortcomings. For this purpose, a version of a laboratory device for AE of silicon was developed and manufactured. A number of porous silicon samples with improved repeatability of output parameters, without edge effects, with compact sizes of the edge zone were obtained on it. It was possible to significantly simplify the technology of AE of silicon, in particular, to abandon the use of contact conductive pastes. An explanation of the mechanism of occurrence of edge effects and a technological solution for their elimination are proposed.

Keywords: anodic etching (AE), porous silicon, edge effect.

Data of authors:

Naumov Anton Petrovich, Institute of microelectronics technology Russian academy of sciences, 6 Akademika Osipyan Street, Chernogolovka, Moscow region, 142432, e-mail: apnaumov@iptm.ru, ant91on@yandex.ru;

Artemov Dmitriy Vladimirovich, Institute of microelectronics technology Russian academy of sciences, 6 Akademika Osipyan Street, Chernogolovka, Moscow region, 142432

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММ С ОТКРЫТЫМ КОДОМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРИБОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Рассмотрены возможности и ограничения программ с открытым кодом для приборно-технологического моделирования. Анализ показал, что для двумерного технологического моделирования доступна только программа Suprem4-GS и библиотека ViennaPS. Для приборного моделирования существует выбор программ. Для сквозного приборно-технологического моделирования и отображение результатов доступен только один набор модулей, а именно Suprem4-GS – Pices2B – PostMini. Однако возможности использования Suprem4-GS и Pices2B ограничены из-за недоступности старых компиляторов и библиотек.

Ключевые слова: приборно-технологическое моделирование, программы с открытым кодом, микроэлектроника.

Сведения об авторах:

Красюков Антон Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, ФГАОУ высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, д. 1, e-mail: a_kras@org.miet.ru;

Ключников Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, АО «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Москва, Зеленоград, улица Академика Валиева, д. 6, стр. 1, e-mail: aklyuchnikov@niime.ru;

Крупкина Татьяна Юрьевна, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, д. 1, e-mail: krupkina@miee.ru;

Лосев Владимир Вячеславович, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, д. 1, e-mail: dsd@miee.ru;

Артамонова Евгения Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, ФГАОУ высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, д. 1, e-mail: ieem@miee.ru

СТАНДАРТНАЯ МОДЕЛЬ К-СИСТЕМЫ И ПРЕДПОСЫЛКИ ЕЁ СОЗДАНИЯ. ЧАСТЬ 1: ИСТОРИЯ ПРОТОТИПОВ

Предложен синтез клеточных автоматов, искусственных нейронных сетей (ИНС) в виде модели коннекционистской системы (К-системы). Обсуждаются проблемы стандартизации в науке. Показаны общие исторические истоки и различие характерных базисных идей для конечных автоматов, клеточных автоматов. ИНС, распределённых параллельных вычислений. В фокусе внимания понятие коннектома, различие параметра от переменной состояния, возможность дуплексной связи вместо однонаправленной. Трёхфазная работа элемента-осциллятора.

Ключевые слова: история науки, нейронные сети, коннекционизм, общий искусственный интеллект, теория систем.

Сведения об авторе:

Матюшкин Игорь Валерьевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры ПКИМС МИЭТ, Московский институт электронной техники; АО «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Москва, Зеленоград, улица Академика Валиева, д. 6, стр. 1, e-mail: imatyushkin@niime.ru

OPEN SOURCE SOFTWARE POSSIBILITIES FOR TCAD SIMULATION

The capabilities and limitations of open source software for TCAD simulation are considered. Analysis showed that the Suprem4-GS program and the ViennaPS library are available for two-dimensional technological modeling. There is a choice of programs for device modeling. For full TCAD package the set of Suprem4-GS – Pices2B – PostMini is available. However, the possibilities of using Suprem4-GS and Pices2B are limited due to the unavailability of old compilers and libraries.

Keywords: TCAD, open source software, microelectronics.

Data of authors:

Krasukov Anton Yurievich, Candidate of Engineering Sciences, Docent; National Research University of Electronic Technology, Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: a_kras@org.miet.ru;

Klyuchnikov Aleksey Sergeevich, Candidate of Engineering Sciences, Docent; Head of TCAD Department; «Molecular Electronic Research Institute», Stock Company, Akademika Valieva street, 6/1, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: aklyuchnikov@niime.ru;

Krupkina Tatiana Yurievna, Doctor of Science, Professor, National Research University of Electronic Technology, Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: krupkina@miee.ru;

Losev Vladimir Vyacheslavovich, Doctor of Science, Professor, National Research University of Electronic Technology, Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: dsd@miee.ru;

Artamonova Evgeniya Anatolievna, Candidate of Engineering Sciences, Docent, National Research University of Electronic Technology, Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: ieem@miee.ru

STANDARD MODEL OF THE C-SYSTEM AND THE BACKGROUND FOR ITS INVENTION. PART 1: THE HISTORY OF PROTOTYPES

The synthesis of cellular automata and artificial neural networks (ANN) in the form of a connectionist system (C-system) model is proposed. The issues of standardization in science are discussed. The general historical origins and discrepancies of genus specific ideas for finite automata, ANN, cellular automata, and distributed parallel computing are shown. The focus is on the concept of a connector, the difference between a parameter and a state variable, and the possibility of duplex link instead of unidirectional. Three-phase operation of the oscillator element.

Keywords: history of science, neural networks, connectionism, general artificial intelligence, system theory.

Data of the author:

Matushkin Igor Valerevich, candidate of Physico-Mathematical Sciences, «National Research University of Electronic Technology», Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, «Molecular Electronic Research Institute», Stock Company, 6/1, Akademika Valieva Ulitsa, Zelenograd, Moscow, 124460, e-mail: imatushkin@niime.ru

**ОТКАЗЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ,
ВЫЗВАННЫЕ ЭФФЕКТОМ СМЕЩЕНИЯ ПОДЛОЖКИ**

В статье рассматриваются проблемы отказов работы интегральных схем (ИС), вызванных эффектом смещения подложки, и их предотвращение на начальных этапах проектирования. Кроме того, рассмотрены, обобщены и систематизированы вопросы, связанные с этими отказами. В статье приведены некоторые практические примеры, учитывающие современные методы и приёмы проектирования и изготовления ИС, которые могут быть использованы для повышения их надёжности с учётом современных тенденций развития микроэлектроники.

Ключевые слова: отказы ИС, эффект смещения подложки, методы противодействия эффекту смещения подложки.

Сведения об авторе:

Шубин Владимир Владимирович, кандидат технических наук, 630102, Новосибирская область, г. Новосибирск, ул. Кирова, д. 86; АО «Новосибирский завод полупроводниковых приборов Восток», 630082, г. Новосибирск, ул. Дачная, 60, e-mail: shubin@nzpp.ru

IC FAILURES CAUSED BY SUBSTRATE DEBIASING EFFECT

The article studies the problem of failures in the operation of integrated circuits (ICs) caused by debiasing substrate effect and its preventative techniques at the initial stages of design. In addition, issues related to abandoning enemies are considered, summarized and systematized. The article provides some practical examples that teach modern methods and techniques for designing and manufacturing ICs, which can be used to improve their reliability, taking into account modern trends in the development of microelectronics.

Keywords: IC failures, Substrate debiasing effect, preventative techniques to prevent the debiasing substrate effect.

Data of the author:

Vladimir Vladimirovich Shubin, Candidate of Technical Sciences, Siberian State University of Telecommunications and Information Science, 86, Kirov str., Novosibirsk, Novosibirsk Region, Siberian Federal Area, Russia, 630102, e-mail: shubin@nzpp.ru

**ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА. Серия 3.
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА ©**

Перерегистрирован в Федеральной службе
по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций
14 августа 2013 г., **ПИ № ФС77-55092**.

Журнал издается 4 раза в год с 1965 года.
Подписано в печать 10.12.2025.
Дата выхода в свет 26.12.2025.

Отпечатано в ФГБУ «Издательство «Наука»
(Типография «Наука»)
121099, Москва, Шубинский пер., д. 6, стр. 1
Заказ № 912
Тираж 300 экз. Цена договорная.

© При перепечатке ссылка на журнал
«ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА. Серия 3.
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА» обязательна.
Мнение редакции не всегда совпадает с точкой зрения
авторов статей. Рукописи рецензируются, но не возвра-
щаются. Срок рассмотрения рукописей – 5 недель.

ИЗДАТЕЛЬ

ФГБУ «Издательство «Наука»
121099, Москва, Шубинский пер., д. 6, стр. 1
E-mail: info@naukapublishers.ru
<https://naukapublishers.ru>
<https://naukabooks.ru>