

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

**Учредитель**АО «Научно-исследовательский  
институт молекулярной  
электроники»**Слово редактора** ..... 4**Физические явления****В. В. Аристов**Основы неклассической теории рассеяния рентгеновского  
излучения на свободных и слабосвязанных электронах ..... 5–17**Разработка и конструирование****А. В. Кузовков, В. В. Иванов, Д. С. Шипицин**Метод автоматической расстановки кристаллов в поле  
фотошаблона с учетом ограничений технологии ..... 18–23**Е. О. Белоусов, Д. В. Кочетков, К. М. Моленкамп, А. В. Эннс**Термостабильный генератор с подавлением температурных  
эффектов первого и второго порядка ..... 24–30**Д. А. Железников, М. А. Заплетина, В. М. Хватов**Решение задачи трассировки межсоединений для  
реконфигурируемых систем на кристалле с различными типами  
коммутационных элементов ..... 31–36**Процессы и технология****А. С. Шалимов**Способ удаления случайной постоянной составляющей  
из входного сигнала, оптимизированный по скорости  
получения решения ..... 37–41**Технологическое и измерительное оборудование****В. В. Минаев, А. В. Никитин**Закат концепции Threshold при измерениях микроразмеров  
в сканирующем электронном микроскопе ..... 42–46**Свойства материалов****А. И. Морозов**

Магниторезистивная память с записью электрическим полем ..... 47–54

**Математическое моделирование****С. В. Гаврилов, Д. А. Железников, Р. Ж. Чочаев, В. И. Эннс**Адаптация метода моделирования отжига для размещения  
элементов в базе реконфигурируемых систем на кристалле ..... 55–61**Е. И. Волкова, Д. В. Гусейнов, С. А. Попков, А. В. Сафонов**Расчет добротности МЭМС-резонатора с учетом вязкого  
демпфирования при топологической оптимизации его конструкции .. 62–67**В. В. Иванов, К. А. Медведев, О. А. Тельминов**Программный комплекс MaskFlow для автоматизации процесса  
подготовки управляющей информации для изготовления  
фотошаблонов ..... 68–77**Квантовые компьютеры****А. В. Белинский, А. К. Жуковский**О двух вариантах интерпретации свойств замкнутых  
запутанных систем ..... 78–91**Аннотации** ..... 92–95

Журнал включен Всероссийской аттестационной комиссией (ВАК)

в число изданий, рекомендованных для публикации статей соискателей  
ученых степеней кандидата и доктора наук №1969

**“ELECTRONIC ENGINEERING.  
Series 3.  
MICROELECTRONICS”**

**Editorial Council  
Chief Editor**

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

**The Members  
of Editorial Council**

**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 Yu. A.**, Sc. D.,  
Full Member of the RAS

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

**Enns V. I.**, 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

**Physical Phenomena**

**V. V. Aristov**

Background Of Neoclassical Theory Of X-Ray Scattering By Free And  
Weakly Bound Electrons At Rest ..... 5–17

**Development and Designing**

**A. V. Kuzovkov, V. V. Ivanov, D. S. Shipitsin**

Automated Reticle Floorplanning Method With Technology  
Restrictions Considerations ..... 18–23

**E. O. Belousov, D. V. Kochetkov, K. M. Molenkamp, A. V. Enns**

First And Second Order Temperature Compensated Clock Oscillator ..... 24–30

**D. A. Zheleznikov, M. A. Zapletina, V. M. Khvatov**

Solution Of Interconnect Routing Problem For Reconfigurable  
Systems-On-Chip With Different Types Of Switching Elements ..... 31–36

**Processes and Technology**

**A. S. Shalimov**

Method Of Elimination Of The Constant Random Component From  
The Input Signal, Optimizedby The Speed Of Solution ..... 37–41

**Processing and Measuring Equipment**

**V. V. Minaev, A. V. Nikitin**

The Sunset Of The “Threshold” Concept While Measuring Micro  
Dimensions With The Scanning Electron Microscope ..... 42–46

**Properties of Materials**

**A. I. Morozov**

Magneto-resistive Memory With Electric Field Recording ..... 47–54

**Mathematical Simulation**

**S. V. Gavrilov, D. A. Zheleznikov, R. Z. Chochaev, V. I. Enns**

The Modification Of Simulated Annealing-Based Placement  
Algorithm For Reconfigurable Systems-On-Chip ..... 55–61

**C. I. Volkova, D. V. Guseinov, S. A. Popkov, A. V. Safonov**

Calculation Of MEMS-resonator Q-factor Taking Into Account  
Viscous Damping In The Topological Optimization Of Its Design ..... 62–67

**V. V. Ivanov, K. A. Medvedev, O. A. Telminov**

A Software Package MaskFlow For Automating The Process Of  
Control Information Preparation For Photomasks Manufacturing ..... 68–77

**Quantum Computers**

**A. V. Belinsky, A. K. Zhukovskiy**

About Two Variants Of The Interpretation Of The Properties Of  
Closed Entangled Systems ..... 78–91

**Abstracts** ..... 92–95

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)

### ОСНОВЫ НЕОКЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ РАССЕЯНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СВОБОДНЫХ И СЛАБОВСВЯЗАННЫХ ЭЛЕКТРОНАХ

В настоящей работе проведен анализ экспериментов по рассеянию рентгеновского излучения. Сделан вывод об ошибочности теории Комптона, приведшей к парадоксам в физике рассеяния рентгеновского излучения. На основе этого анализа сформулированы основные положения новой «неоклассической» теории рассеяния.

**Ключевые слова:** рассеяние рентгеновского излучения, теория Комптона, квантовая электродинамика, квантование электромагнитного поля, теория электрона

#### Сведения об авторах:

**Аристов Виталий Васильевич**, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов Российской академии наук, 142432, Московская область, Нозинский район, Черноголовка, Институтская ул., д. 6, e-mail: aristov@iptm.ru.

### МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАССТАНОВКИ КРИСТАЛЛОВ В ПОЛЕ ФОТОШАБЛОНА С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ ТЕХНОЛОГИИ

Как известно, с уменьшением проектных норм микросхем растет стоимость комплекта фотошаблонов. В связи с этим растет экономическая привлекательность MPW (Multi-project wafer) проектов для мелкосерийного производства микросхем. Эффективность таких проектов определяется схемой размещения кристаллов в кадре фотошаблона. В статье рассматриваются существующие методы и предлагается новый метод расстановки кристаллов для минимизации числа пластин, затрачиваемых на производство.

**Ключевые слова:** MPW, мультипроектный фотошаблон, расстановка кристаллов

#### Сведения об авторах:

**Кузовков Алексей Валерьевич**, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: akuzovkov@niime.ru;  
**Иванов Владимир Викторович**, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: vlivanov@niime.ru;  
**Шипицын Дмитрий Святославович**, кандидат физико-математических наук, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: dshipitsin@niime.ru.

### ТЕРМОСТАБИЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР С ПОДАВЛЕНИЕМ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЭФФЕКТОВ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ПОРЯДКА

В статье предложена схема и описан принцип действия интегрального термостабильного генератора с подавлением линейных и квадратичных температурных эффектов, разработанного по технологии кремний-на-изоляторе. Схема генератора основана на схеме релаксационного осциллятора с двумя компараторами с высокой зависимостью частоты от температуры. Выявлены причины и характер влияния температуры на частоту, показана недостаточная степень компенсации температурных эффектов только при помощи независимых от температуры источников опорного напряжения и тока. Для увеличения степени подавления температурных эффектов предложено использовать PTAT-PTAT2 источник опорного напряжения для компараторов в составе генератора. Применение предложенной схемы позволяет достичь ухода частоты  $\pm 0,18\%$  в диапазоне температур от  $-65$  до  $125$  °C, центральная частота составляет 6,57 МГц.

**Ключевые слова:** технология кремний-на-изоляторе, релаксационные генераторы, температурная компенсация, генераторы тактовой частоты

#### Сведения об авторах:

**Белюсов Егор Олегович**, кандидат технических наук, Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: ebelousov@niime.ru;  
**Кочетков Дмитрий Валерьевич**, Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: dkochetkov@niime.ru;  
**Моленкамп Ксения Михайловна**, Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: kmolenkamp@niime.ru;  
**Эннс Александр Викторович**, кандидат технических наук, Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: aenns@niime.ru.

### BACKGROUND OF NEOCLASSICAL THEORY OF X-RAY SCATTERING BY FREE AND WEAKLY BOUND ELECTRONS AT REST

Generalized analysis of experiments of x-ray radiation scattering is presented. It is concluded, that theory of Compton effect is incorrect, and has led to some paradoxes in physics of x-ray radiation scattering. Based on this analysis, main position of new «neoclassical» theory of x-ray scattering is formulated.

**Keywords:** x-ray scattering, theory of Compton scattering, quantum electrodynamics, quantization of the electromagnetic field, the theory of the electron

#### Data of authors:

**Aristov Vitaliy Vasilievich**, Doctor of physical and mathematical Sciences, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Institute of Microelectronics Technology, Russian Academy of Sciences, 6, Institutskaya, Chernogolovka, Noginsk district, Moscow, 142432, e-mail: aristov@iptm.ru.

### AUTOMATED RETICLE FLOORPLANNING METHOD WITH TECHNOLOGY RESTRICTIONS CONSIDERATIONS

As known, when technology node shrinks photomask set cost increases. In this regard MPW projects become more attractive economically for small batch production. Such a projects' efficiency is defined by chip placement scheme in a photomask field. The article describes existing ways of reticle floorplanning and proposes a new one for wafer consumption minimization.

**Keywords:** MPW, multi-project reticle, reticle floorplanning

#### Data of authors:

**Kuzovkov Aleksey Valerirvich**, «Molecular Electronic Research Institute» Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadny proezd, d. 12 / 1, e-mail: akuzovkov@niime.ru;  
**Ivanov Vladimir Viktorovich**, «Molecular Electronic Research Institute» Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadny proezd, d. 12 / 1, e-mail: akuzovkov@niime.ru;  
**Shipitsin Dmitriy Svyatoclavovich**, candidate of physical and mathematical Sciences, «Molecular Electronic Research Institute» Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadny proezd, d. 12 / 1, e-mail: dshipitsin@niime.ru.

### FIRST AND SECOND ORDER TEMPERATURE COMPENSATED CLOCK OSCILLATOR

This paper presents the design and characterization of a first and second order temperature compensated clock oscillator in a  $0.18\text{-}\mu\text{m}$  silicon-on-insulator process. Proposed oscillator is based on a well-known relaxation oscillator circuit with two comparators with large temperature dependence. Character and origins of frequency deviation with temperature is discussed, also it is shown that using temperature stable bandgap voltage and current sources only is not sufficient for achieving high degree of temperature compensation of frequency. In order to further decrease the influence of temperature effects on frequency, it is proposed to use a PTAT-PTAT2 voltage source as a reference source for comparators in the oscillator. Simulation of the proposed circuit across a temperature range of  $-65$  до  $125$  °C shows a variation of  $\pm 0.18\%$  while the central frequency is 6.57 MHz.

**Keywords:** silicon-on-insulator process, relaxation oscillators, temperature compensation, clock generators

#### Data of authors:

**Belousov Egor Olegovich**, candidate of Engineering Sciences; «Molecular Electronic Research Institute» Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadny proezd, d. 12 / 1, e-mail: ebelousov@niime.ru;  
**Kochetkov Dmitriy Valeriyevich**, «Molecular Electronic Research Institute» Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadny proezd, d. 12 / 1, e-mail: dkochetkov@niime.ru;  
**Molenkamp Ksenia Mikhailovna**, «Molecular Electronic Research Institute» Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadny proezd, d. 12 / 1, e-mail: dkochetkov@niime.ru;  
**Enns Aleksandr Viktorovich**, candidate of Engineering Sciences; «Molecular Electronic Research Institute» Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadny proezd, d. 12 / 1, e-mail: ebelousov@niime.ru

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТРАССИРОВКИ МЕЖСОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ СИСТЕМ НА КРИСТАЛЛЕ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ КОММУТАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Предложена адаптация алгоритма PathFinder для решения задачи трассировки межсоединений в маршруте проектирования цифровых схем в базе реконфигурируемых систем на кристалле с различными типами коммутационных элементов. Рассмотренный подход успешно внедрен в существующий маршрут проектирования схем, разработанный ИППМ РАН для микросхем РСНК с заданной архитектурой. Представленное решение в первую очередь призвано ускорить разработку крупных IP-блоков в базе программируемых логических интегральных схем в условиях совмещения в одном кристалле разнообразных схемотехнических решений, касающихся вида и функционирования конфигурируемых коммутационных элементов, а также элементов системы на кристалле.

**Ключевые слова:** трассировка межсоединений, автоматизация проектирования, программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), реконфигурируемые системы на кристалле (РСНК)

#### Сведения об авторах:

Железников Даниил Александрович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук, 124365, Москва, Зеленоград, ул. Советская, дом 3; e-mail: zheleznikov\_d@ippm.ru; Zapletina Mariya Andreevna, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук, 124365, Москва, Зеленоград, ул. Советская, дом 3. e-mail: zapletina\_m@ippm.ru; Хватов Василий Михайлович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук, 124365, Москва, Зеленоград, ул. Советская, дом 3; e-mail: khvatov\_v@ippm.ru.

### СПОСОБ УДАЛЕНИЯ СЛУЧАЙНОЙ ПОСТОЯННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИЗ ВХОДНОГО СИГНАЛА, ОПТИМИЗИРОВАННЫЙ ПО СКОРОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ РЕШЕНИЯ

В настоящее время находят широкое применение способы построения цифровых фильтров и, соответственно, разработка алгоритмов фильтрации при решении задач по оценке неизвестных случайных или детерминированных параметров распределения случайных величин. В данной работе предложен способ фильтрации, который может быть полезен при решении задач обнаружения и предсказания сигналов в условиях априорной неопределенности. Одной из таких задач являются выделения полезного сигнала МЭМС-датчиков, на примере которых разрабатываемый математический аппарат может быть наиболее эффективно отработан. Подобный выбор обусловлен тем фактом, что МЭМС-датчики выполняют первичное измерение физических величин, точные значения которых не могут быть предсказаны и поступают на приемное устройство на фоне шумов, которые тоже не могут быть полностью определены заранее. Разработка универсального способа, позволяющего за максимально короткое время решить задачу фильтрации, представляет интерес для всех областей современной техники, в том числе медицинской, где требуется выделение полезного сигнала на фоне шумов в условиях отсутствия полной и достоверной информации о характере и величине полезного сигнала. Материалы исследования могут быть интересны широкому кругу разработчиков цифровых фильтров и, несомненно, применены на практике, что обуславливает высокую практическую значимость работы.

**Ключевые слова:** априорная неопределенность, оптимальная фильтрация, методы обнаружения и предсказания сигналов, МЭМС

#### Сведения об авторах:

Шалимов Андрей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»; 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, д. 1, e-mail: 8Se@mail.ru.

### ЗАКАТ КОНЦЕПЦИИ THRESHOLD ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ МИКРОРАЗМЕРОВ В СКАНИРУЮЩЕМ ЭЛЕКТРОННОМ МИКРОСКОПЕ

Рассмотрены особенности работы усилительных каскадов современных SEM. Наличие разделительных конденсаторов в тракте приводит к отсечению постоянной составляющей (и нуля!) видеосигнала, что препятствует реализации приемлемой точности измерений в рамках концепции Threshold. Нами предложен и опробован прием вычислений положения краев физического объекта (и, значит, его размера) по измерениям видеосигнала исключительно вдоль его оси абсцисс.

**Ключевые слова:** разделительный конденсатор, постоянная составляющая видеосигнала, положение края объекта измерений

#### Сведения об авторах:

Минаев Вячеслав Вениаминович, кандидат физико-математических наук, академик Общественной международной академии технологических наук, Акционерное

### SOLUTION OF INTERCONNECT ROUTING PROBLEM FOR RECONFIGURABLE SYSTEMS-ON-CHIP WITH DIFFERENT TYPES OF SWITCHING ELEMENTS

The paper presents an adaptation of the PathFinder algorithm that is proposed to solve the interconnect routing problem for digital circuit design flow in the basis of reconfigurable systems-on-a-chip with different types of switching elements. The proposed approach has been successfully implemented in the existing digital circuit design flow developed by the Institute for Design Problems in Microelectronics of the Russian Academy of Sciences (IPPM RAS) for the RSoC chips with the given architecture. The presented solution is primarily designed to accelerate the development of large IP-blocks in the basis of programmable logic in conditions of integrating a variety of types of switching elements in a single chip, as well as the elements of the system-on-the-chip.

**Keywords:** interconnect routing, computer-aided design, field-programmable logic arrays (FPGA), reconfigurable systems-on-chip (RSoC)

#### Data of authors:

Zheleznikov Daniil Aleksandrovich, Federal State-Funded Institution of Science Institute for Design Problems in Microelectronics of Russian Academy of Sciences, 3, Sovetskaya Street, Moscow 124365, Russian Federation, e-mail: zheleznikov\_d@ippm.ru; Zapletina Mariya Anreevna, Federal State-Funded Institution of Science Institute for Design Problems in Microelectronics of Russian Academy of Sciences (IPPM RAS), 3, Sovetskaya Street, Moscow 124365, Russian Federation; e-mail: zapletina\_m@ippm.ru; Khvatov Vasily Mikhailovich, Federal State-Funded Institution of Science Institute for Design Problems in Microelectronics of Russian Academy of Sciences, 3, Sovetskaya Street, Moscow 124365, Russian Federation, e-mail: khvatov\_v@ippm.ru.

### METHOD OF ELIMINATION OF THE CONSTANT RANDOM COMPONENT FROM THE INPUT SIGNAL, OPTIMIZED BY THE SPEED OF SOLUTION

Methods of development of digital filters for different tasks of estimation of unknown random or determinate parameters of signals find an application for different fields of science. The present work describes the method of filtration, which can be useful for detection and prediction of signals under prior uncertainty conditions, such as signals from MEMS. This signals has parameters, which cannot be predicted for anytime and always measured with the noise. Development of the universal method, which will give the ability to solve the filtering task at minimum time is very actual for many different fields of science, such as medical, where extraction of informative signal is implemented under prior uncertainty conditions.

**Keywords:** prior uncertainty, optimal filtration, detection and prediction of signals, MEMS

#### Data of authors:

Shalimov Andrey Sergeevich, candidate of technical Sciences, Associate Professor, National Research University of Electronic Technology, Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: 8Se@mail.ru.

### THE SUNSET OF THE «THRESHOLD» CONCEPT WHILE MEASURING MICRO DIMENSIONS WITH THE SCANNING ELECTRON MICROSCOPE

We have considered the peculiarity of the standard SEM, having the stopping capacitor in its construction. This leads to cutting off the steady components of video-signals (and, of course, to zero cutting!). It prevents realizing the adequate accuracy of size measurements with the Threshold Concept. We have created the new approach for calculating the Edge Positions of the real sample and its real sizes on the basis of analysis of the present video-signals solely along X-direction.

**Keywords:** stopping capacitor, steady components of the video signals, Edge Position (EP)

#### Data of authors:

Minaev Vyacheslav Veniaminovich, Principal research assistant in «Angstrom», Stock Company candidate of physical and mathematical Sciences, member of the Public International Academy

общество «Ангстрем», 124460, г. Москва, Зеленоград, Площадь Шокина, д. 2, строение 3, e-mail: angstrem.minaev@yandex.ru;

Никитин Аркадий Викторович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры Московского филиала Санкт-Петербургского гуманитарного университета профсоюзов, академик негосударственной Метрологической Академии РФ, Московский областной филиал Санкт-Петербургского Гуманитарного университета, 141570, Московская область, Солнечногорский район, Львовское шоссе, д. 1, e-mail: nikitin.arkady2015@yandex.ru.

#### МАГНИТОРЕЗИСТИВНАЯ ПАМЯТЬ С ЗАПИСЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

Рассмотрены проблемы создания магниторезистивной памяти с записью электрическим полем (MERAM), основанной на зарядовом, обменном или упругом взаимодействии между электрочувствительным слоем и ферромагнитным слоем, входящим в состав магнитного туннельного соединения. Найдены ограничения на размер ячейки, связанные с существованием суперпарамагнитного порога.

**Ключевые слова:** магниторезистивная память, обменное взаимодействие, упругое взаимодействие, суперпарамагнитный порог, магнитное туннельное соединение

#### Сведения об авторе:

Морозов Александр Игоревич, доктор физико-математических наук, профессор, Московский физико-технический институт (государственный университет), 141700, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9, e-mail: mor-alexandr@yandex.ru

#### АДАПТАЦИЯ МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ОТЖИГА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В БАЗИСЕ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ СИСТЕМ НА КРИСТАЛЛЕ

В данной работе представлен алгоритм на основе метода моделирования отжига для оптимизации результатов начального размещения в маршруте проектирования схем в заданном базисе РСНК. Оптимизация размещения элементов осуществляется с учетом особенностей и ограничений РСНК. Размещение выполняется на двух уровнях иерархии, для каждого из которых разработана отдельная целевая функция. Декомпозиция этапа размещения позволяет использовать в процессе проектирования готовые IP-блоки. Разработанный алгоритм тестировался на наборах тестовых схем ISCAS-85 и ISCAS-89. Результаты проведенного тестирования показывают, что разработанный алгоритм позволяет реализовывать работоспособные трассируемые цифровые схемы в базисе РСНК.

**Ключевые слова:** размещение элементов, автоматизация проектирования, моделирование отжига, программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), реконфигурируемые системы на кристалле (РСНК)

#### Сведения об авторах:

Гаврилов Сергей Витальевич, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук, 124365, Москва, Зеленоград, ул. Советская, д. 3, e-mail: sergey\_g@iprm.ru;

Железников Даниил Александрович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук, 124365, Москва, Зеленоград, ул. Советская, д. 3, e-mail: zheleznikov\_d@iprm.ru;

Чочаев Рустам Жамболатович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук, 124365, Москва, Зеленоград, ул. Советская, д. 3, e-mail: chochaev\_r@iprm.ru;

Эннс Виктор Иванович, кандидат технических наук, Научно-исследовательский институт молекулярной электроники, 124460, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: venns@niime.ru.

#### РАСЧЕТ ДОБОРНОСТИ МЭМС-РЕЗОНАТОРА С УЧЕТОМ ВЯЗКОГО ДЕМПФИРОВАНИЯ ПРИ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ЕГО КОНСТРУКЦИИ

Рассмотрена задача термоупругого и газодинамического демпфирования на примере резонатора МЭМС-датчика. Приводятся результаты моделирования в условиях изменяющегося давления остаточных газов с учетом основных механизмов диссипации энергии. С целью варьирования чувствительности резонатора к газодинамическому демпфированию в конструкцию вводят концентраторы механических напряжений. На примере резонатора, имеющего топологические модификации, решается задача по оптимизации его исходной конструкции. Рассмотрена эффективность введения концентраторов.

**Ключевые слова:** микросистемная техника, резонатор, добротность системы, демпфирование, концентратор механических напряжений

of Technology Science, 124460, Moscow, Zelenograd, Shokin square, 2 / 3, e-mail: angstrem.minaev@yandex.ru;

Nikitin Arkady Viktorovich, doctor of physical and mathematical Sciences, Professor of chair in Moscow branch of Saint Petersburg Humanitarian University of Trade Unions, Member of the voluntary Russian Metrology Academy. d. 2, Lyalovo highway, Solnechnogorsk district, Moscow region, 141570, e-mail: nikitin.arkady2015@yandex.ru.

#### MAGNETORESISTIVE MEMORY WITH ELECTRIC FIELD RECORDING

The problems arising in the process of development of the magnetoresistive memory with the electric field recording (MERAM) based on, exchange, charge or elastic interaction between the electrosensitive layer and the ferromagnetic layer comprising the magnetic tunnel junction were considered. The limitations were discovered concerning the size of the cells connected with the existing superparamagnetic threshold.

**Keywords:** magnetoresistive memory, exchange interaction, elastic interaction, superparamagnetic threshold, magnetic tunnel junction

#### Data of author:

Morozov Alexander Igorevich, doctor of physical and mathematical Sciences, Professor, Moscow Institute of Physics and Technology (State University), 9 Institutskiy per., Dolgoprudny, Moscow Region, 141700, e-mail: mor-alexandr@yandex.ru

#### THE MODIFICATION OF SIMULATED ANNEALING-BASED PLACEMENT ALGORITHM FOR RECONFIGURABLE SYSTEMS-ON-CHIP

In this paper we present an algorithm based on simulating annealing approach for initial placement optimization in reconfigurable system-on-chip (RSoc) design flow. RSoc's features and constraints are taken into account while performing placement optimization. Cost functions are developed for both global and detailed placement. On the global placement stage ready-made IP cores can be used as well. Experimental results on a set of ISCAS'85 and ISCAS'89 benchmarks demonstrate that the presented algorithm generates high-quality routable placement.

**Keywords:** placement, computer-aided design, simulated annealing, field-programmable logic arrays (FPGA), reconfigurable systems-on-chip (RSoc)

#### Data of authors:

Gavrilov Sergey Vitalievich, Doctor of technical science, Federal State-Funded Institution of Science Institute for Design Problems in Microelectronics of Russian Academy of Sciences, 3, Sovetskaya Street, Moscow 124365, Russian Federation. e-mail: sergey\_g@iprm.ru;

Zheleznikov Daniil Aleksandrovich, Federal State-Funded Institution of Science Institute for Design Problems in Microelectronics of Russian Academy of Sciences, 3, Sovetskaya Street, Moscow 124365, Russian Federation, e-mail: zheleznikov\_d@iprm.ru;

Chochev Rustom Zhambolatovich, Federal State-Funded Institution of Science Institute for Design Problems in Microelectronics of Russian Academy of Sciences (IPPM RAS), 3, Sovetskaya Street, Moscow 124365, Russian Federation, e-mail: chochaev\_r@iprm.ru;

Enns Victor Ivanovich, candidate of technical Sciences, «Molecular Electronics Research Institute», Stock Company, 1-st Zapadnyy proezd, 12 / 1 Zelenograd, Moscow, 124460, Russian Federation. e-mail: venns@niime.ru

#### CALCULATION OF MEMS-RESONATOR Q-FACTOR TAKING INTO ACCOUNT VISCOUS DAMPING IN THE TOPOLOGICAL OPTIMIZATION OF ITS DESIGN

The problem of thermoelastic and gas-dynamic damping is considered on the example of a MEMS-sensor resonator. The results of modeling under conditions of variable pressure of residual gases taking into account the basic mechanisms of energy dissipation are given. In order to vary the sensitivity of the resonator to gas-dynamic damping, mechanical stress concentrators are introduced into the structure. On the example of a resonator having topological modifications, the optimization problem of its initial design is solved. The efficiency of local injection of mechanical stress concentrators is considered.

**Keywords:** microsystem technology, resonator, Q-factor of the system, damping, mechanical stress concentrator

#### Data of authors:

Volkova Catherine Ivanovna; Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN), 603950, Nizhny Novgorod, Gagarin av., 23, b. 3; kattykat@inbox.ru.

**Сведения об авторах:**

Волкова Екатерина Ивановна; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (ННГУ им. Н. И. Лобачевского), 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, корп. 3; kattykat@inbox.ru.

Гусейнов Давуд Вадимович; кандидат физико-математических наук; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (ННГУ им. Н. И. Лобачевского), 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, корп. 3; david.guseinov@gmail.com.

Попков Сергей Алексеевич; кандидат физико-математических наук; Филиал Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю. Е. Седакова» (Филиал ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» «НИИИС им. Ю. Е. Седакова»), 603137, г. Нижний Новгород, ул. Тропинина, 47; popkov@phys.unn.ru.

Сафонов Алексей Владимирович; кандидат физико-математических наук; Филиал Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю. Е. Седакова» (Филиал ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» «НИИИС им. Ю. Е. Седакова»), 603137, г. Нижний Новгород, ул. Тропинина, 47; safalex@mail.ru.

#### ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС MaskFlow для АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ для ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОТОШАБЛОНОВ

В работе проанализирован существующий в АО «НИИМЭ» маршрут подготовки управляющей информации, выявлены его ключевые недостатки. Предложен модернизированный маршрут, включающий альтернативный подход к обеспечению целостности данных и оптимизированный алгоритм сборки фотошаблонов. Для имплементации модернизированного маршрута разработан программный комплекс, внедрение которого позволило существенно увеличить ошибкоустойчивость процесса подготовки управляющей информации и в несколько раз сократить временные затраты на его выполнение.

**Ключевые слова:** подготовка управляющей информации, целостность данных, алгоритм сборки фотошаблонов

**Сведения об авторах:**

Иванов Владимир Викторович, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: vlivanov@niime.ru;

Медведев Константин Александрович, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: kmedvedev@niime.ru;

Тельминов Олег Александрович, кандидат технических наук, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: otelminov@niime.ru.

#### О ДВУХ ВАРИАНТАХ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СВОЙСТВ ЗАМКНУТЫХ ЗАПУТАННЫХ СИСТЕМ

Проанализированы особенности ограничения степеней свободы случайных процессов, протекающих в квантовых замкнутых системах вследствие закона сохранения импульса и возможностей описания их исходя из ортодоксальной интерпретации квантовой теории и концепции «волны-пилота» Дэвида Бома.

**Ключевые слова:** замкнутая система, квантовая запутанность, нелокальность, закон сохранения импульса, ортодоксальная интерпретация квантовой теории, концепция «волны-пилота» Бома

**Сведения об авторах:**

Белинский Александр Витальевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики Земли физического факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2; e-mail: belinsky@inbox.ru;

Жуковский Андрей Кузьмич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2., e-mail: andrez@rambler.ru

Guseinov David Vadimovich; candidate of physical and mathematical sciences; Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN), 603950, Nizhny Novgorod, Gagarin av., 23, b. 3; david.guseinov@gmail.com.

Popkov Sergey Alekseevich; candidate of physical and mathematical sciences; Branch of Federal State Unitary Enterprise «Russian Federal Nuclear Center – All-Russian Research Institute of Experimental Physics» «Research Institute of Measuring Systems named after Yu. Ye. Sedakov» (Branch of FSUE «RFNC-VNIIEF» «NIIS named after Yu. Ye. Sedakov»), 603137, Nizhny Novgorod, Tropinina street, 47; popkov@phys.unn.ru.

Safonov Alexey Vladimirovich; candidate of physical and mathematical sciences; Branch of Federal State Unitary Enterprise «Russian Federal Nuclear Center – All-Russian Research Institute of Experimental Physics» «Research Institute of Measuring Systems named after Yu. Ye. Sedakov» (Branch of FSUE «RFNC-VNIIEF» «NIIS named after Yu. Ye. Sedakov»), 603137, Nizhny Novgorod, Tropinina street, 47; safalex@mail.ru.

#### A SOFTWARE PACKAGE MaskFlow FOR AUTOMATING THE PROCESS OF CONTROL INFORMATION PREPARATION FOR PHOTOMASKS MANUFACTURING

The paper describes the control information preparation flow existing at MERI SC and reveals its key shortcomings. A modernized flow is proposed, including an alternative approach to data integrity ensuring and an optimized algorithm for photo masks composition. A software package for the modernized flow execution is developed and deployed at NIIME JSC. The implementation results show significant improvements of the robustness of control information preparation process and distinguish time expenditures decreasing.

**Keywords:** control information preparation, data integrity, photomask composition algorithm

**Data of authors:**

Ivanov Vladimir Viktorovich, Molecular Electronics Research Institute, Stock Company, 12 / 1, 1st Zapadnyi Proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: vlivanov@niime.ru;

Medvedev Konstantin Aleksandrovich, Molecular Electronics Research Institute, Stock Company, 12 / 1, 1st Zapadnyi Proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: kmedvedev@niime.ru;

Telminov Oleg Aleksandrovich, candidate of engineering sciences, Molecular Electronics Research Institute, Stock Company, 12 / 1, 1st Zapadnyi Proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: otelminov@niime.ru.

#### ABOUT TWO VARIANTS OF THE INTERPRETATION OF THE PROPERTIES OF CLOSED ENTANGLED SYSTEMS

The features of the limitation of the degrees of freedom of random processes occurring in quantum closed systems due to the law of conservation of momentum and the possibilities of their description based on the orthodox interpretation of the quantum theory and the «wave-pilot» concept of David Bohm are analyzed.

**Keywords:** closed system, quantum entanglement, nonlocality, the law of conservation of momentum, orthodox interpretation of quantum theory, the «wave-pilot» concept of David Bohm

**Data of authors:**

Belinsky Alexander Vital'evich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Physics of the Earth, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University, 1, building 2, Leninskie Gory, Moscow, Russia, 119991; e-mail: belinsky@inbox.ru;

Zhukovskiy Andrey Kuzmich, Lomonosov Moscow State University, Leninskie gory, 1 / build.2, Moscow, 119991, Russia, e-mail: andrez@rambler.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 14.12.2018.

Отпечатано в типографии «Печатных Дел Мастер».  
Номер заказа 190 070.  
✉ 109518, г. Москва, 1-й Грайвороновский проезд, д. 4

Тираж 500 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 воз-  
вращаются. Срок рассмотрения рукописей – 5 недель.

**ИЗДАТЕЛЬ**

АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА»  
☎ +7 495 234-01-10 📠 +7 495 956-33-46

✉ journal@electronics.ru

Подготовлено АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА»

**КОРРЕКТОР:** А. Лужкова

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ВЕРСТКА:** А. Небольсин