

**"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

Учредитель

АО "Научно-исследовательский
институт молекулярной
электроники"

Слово редактора 4

Физические явления

Г. Я. Красников, Е. С. Горнев, П. В. Игнатов, Д. С. Мизгинов
Анализ моделей пробоя подзатворного диэлектрика 5–7

Разработка и конструирование

М. А. Королев, А. Ю. Красюков, Т. Ю. Крупкина, Ю. А. Чаплыгин
3D двухзатворный беспереходной МОП-транзистор 8–16

Процессы и технология

Г. Я. Красников, Е. С. Горнев, П. В. Игнатов, Д. С. Мизгинов
Обзор методов подавления короткоканальных эффектов
в глубокосубмикронном МОП-транзисторе 17–19

А. Н. Палагушкин, Ф. А. Юдкин, С. А. Прокопенко, А. П. Сергеев
Технология мемристоров 20–26

**В. В. Побединский, Н. В. Рогозин, Е. В. Лаврентьев, А. В. Рябов,
В. В. Зенин, Е. Н. Бормонтов**
Платиновые стад-бампы с припойными шариками на
алюминиевой металлизации кремниевых кристаллов
в технологии flip-chip 27–31

Технологическое и измерительное оборудование

Е. Л. Харченко, А. В. Кузовков, В. В. Иванов
Метод оптимизации источника освещения в проекционной
фотолитографии 32–37

Свойства материалов

**Г. Я. Красников, Е. С. Горнев, С. Н. Орлов, Р. К. Яфаров,
А. Р. Яфаров, С. П. Тимошенко, В. П. Тимошенко**
Полевая эмиссия электронов многоострийных кремниевых
катодных матриц 38–42

Математическое моделирование

Е. М. Бакулин, Г. В. Курушин, К. А. Строганов
Результаты моделирования конструкции микроакселерометра
на основе интегрированной технологии микромеханики
и акустоэлектроники 43–49

С. В. Забодаев, С. В. Селищев
Способ оценки латентности передачи данных в системах
регистрации биопотенциалов головного мозга 50–55

Квантовые компьютеры

В. В. Аристов, А. В. Никулов
О причинах сомнений в реальности квантового компьютера 56–71

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**

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

Physical Phenomena

G. Ya. Krasnikov, E. S. Gornev, P. V. Ignatov, D. S. Mizginov

Analysis of gate oxide breakdown models..... 5–7

Development and Designing;

M. A. Korolev, A. Yu. Krasukov, T. Yu. Krupkina, Yu. A. Chaplygin

3D double-gate junctionless MOSFET 8–16

Processes and Technology

G. Ya. Krasnikov, E. S. Gornev, P. V. Ignatov, D. S. Mizginov

A review of methods for suppression of short-channel effects in
deep submicron MOS transistor..... 17–19

A. N. Palagushkin, F. A. Yudkin, S. A. Prokopenko, A. P. Sergeev

Technology of memristors 20–26

V. V. Pobedinsky, N. V. Rogozin, E. V. Lavrentev, A. V. Ryabov,

V. V. Zenin, E. N. Bormontov

Platinum stud-bumps with solder balls on aluminum metallization
of silicon die in flip-chip technology 27–31

Processing And Measuring Equipment

E. L. Kharchenko, A. V. Kuzovkov, V. V. Ivanov

Illumination source optimization method in projection
photolithography 32–37

Properties of Materials

G. Ya Krasnikov, E. S. Gornev, S. N. Orlov, R. K. Yafarov,

A. R. Yafarov, S. P. Timoshenkov, V. P. Timoshenkov

Field emission of electrons of multi-tip cathode matrices on p-type
silicon crystals..... 38–42

Mathematical Simulation

E. M. Bakulin, G. V. Kurushin, K. A. Stroganov

Results of simulation of the microaccelerometer design based on
integrated technology of micromechanics and acoustoelectronics 43–49

S. V. Zabodaev, S. V. Selishchev

Method of evaluation of data stream latency in brain biopotentials
acquisition systems 50–55

V. V. Aristov, A. V. Nikulov

The reasons for doubts about the reality of quantum computer 56–71

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 (НАС)

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ПРОБОЯ ПОДЗАТВОРНОГО ДИЭЛЕКТРИКА

В данной статье рассматриваются модели пробоя подзатворного диэлектрика. Рассмотрены такие модели, как термохимическая модель, модель инжекции дырок из анода, модель выхода водорода и комплементарная модель. А также описаны условия их применимости.

Ключевые слова: пробой диэлектрика, диоксид кремния, термохимическая модель, модель выхода водорода, комплементарная модель

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, д. 12, стр. 1, e-mail: gkrasnikov@niime.ru;

Горнев Евгений Сергеевич, доктор технических наук, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: egornev@niime.ru;

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

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

3D ДВУХЗАТВОРНЫЙ БЕСПЕРЕХОДНОЙ МОП-ТРАНЗИСТОР

С целью улучшения параметров планарного беспереходного МОП-транзистора проведено моделирование трехмерного двухзатворного варианта прибора с применением пакета Sentaurus TCAD. Показано, что 3D беспереходной МОП-транзистор при технологических нормах 90 нм имеет подпороговый ток – $3 \cdot 10^{-13}$ А/мкм и подпороговый наклон – 82 мВ/дек, что превосходит параметры традиционных МОП-транзисторов при сопоставимой величине тока насыщения 320 мкА/мкм.

Ключевые слова: беспереходной транзистор, моделирование, tcad

Сведения об авторах:

Королев Михаил Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры интегральной электроники и микросистем; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»; 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1., e-mail: mikor33@rambler.ru;

Красюков Антон Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры интегральной электроники и микросистем; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»; 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, e-mail: a_kras@org.miet.ru;

Крупкина Татьяна Юрьевна, доктор технических наук, профессор кафедры интегральной электроники и микросистем; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»; 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, e-mail: krupkina@dtd.miee.ru;

ANALYSIS OF GATE OXIDE BREAKDOWN MODELS

In this article models of gate oxide breakdown are considered. Such models as hydrogen release model, thermochemical model, anode hole injection model and complementary model are considered. Conditions for the applicability are also described.

Keywords: oxide breakdown, silicon dioxide, thermochemical model, hydrogen release model, complementary model

Data of authors:

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

Gornev Evgeny Sergeevich, doctor of technical Sciences, "Molecular Electronic Research Institute", Stock Company, d. 12/1, 1st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: egornev@niime.ru;

Ignatov Pavel Viktorovich, "Molecular Electronic Research Institute", Stock Company, d. 12/1, 1st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: paignatov@niime.ru;

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

3D DOUBLE-GATE JUNCTIONLESS MOSFET

Double-gate junctionless transistors were analyzed using Sentaurus TCAD simulation package. It was shown that 3D double-gate junctionless MOSFET with 90 nm design rules has very low leakage current – $3 \cdot 10^{-13}$ A/um and subthreshold slope – 82 mV/dec with saturation current at about 320 uA/um. Such characteristics of simulated junctionless transistor are better than conventional inversion-mode transistor parameters.

Keywords: junctionless transistor, simulation, tcad

Data of authors:

Korolev Mikhail Alexandrovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Integrated Electronics and Microsystems; National Research University of Electronic Technology; Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: mikor33@rambler.ru;

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

Krupkina Tatiana Yurievna, Doctor of Engineering Sciences, Professor the Department of Integrated Electronics and Microsystems; National Research University of Electronic Technology; Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: krupkina@dtd.miee.ru;

Chaplygin Yury Alexandrovich, Academician of Russian Academy of Sciences, President of National Research University of Electronic Technology; Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: ieem@miee.ru

Чаплыгин Юрий Александрович, академик Российской академии наук, президент Научно-исследовательского университета «Московский институт электронной техники», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»; 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, e-mail: ieeet@miiee.ru.

ОБЗОР МЕТОДОВ ПОДАВЛЕНИЯ КОРОТКОКАНАЛЬНЫХ ЭФФЕКТОВ В ГЛУБОКОСУБМИКРОННОМ МОП-ТРАНЗИСТОРЕ

В данной статье рассматриваются конструктивно-технологические методы подавления короткоканальных эффектов в глубокосубмикронном МОП-транзисторе. Анализируются преимущества и недостатки различных конструкций.

Ключевые слова: МОП-транзистор, короткоканальные эффекты, кремний на изоляторе, подпороговый размах, ток утечки

Сведения об авторах:

Красников Геннадий Яковлевич, доктор технических наук, член Президиума Российской академии наук, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: gkrasnikov@niime.ru;

Горнев Евгений Сергеевич, доктор технических наук, профессор, акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д.12, стр.1, e-mail: egornev@mikron.ru;

Игнатов Павел Викторович, «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д.12, стр.1, e-mail: paignatov@milron.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.

ТЕХНОЛОГИЯ МЕМРИСТОРОВ

Исследования направлены на создание перспективных элементов энергонезависимой высокоскоростной радиационно-стойкой резистивной памяти сверхбольшого объема, основанной на новых физических принципах функционирования. Изучены оптические параметры активной среды мемристоров с использованием метода SPR. Вероятно, что механизмы переключения мемристоров основаны на теории филаментов, дополненной физикой аморфных широкозонных полупроводников. Этот подход позволит усовершенствовать технологию создания элементной базы для нейроморфных систем.

Ключевые слова: технология, мемристор, оптика, SPR, полупроводник

Сведения об авторах:

Палагушкин Александр Николаевич, Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», 117218, Москва, Нахимовский пр-т 36, корп.1, e-mail: iontras@yandex.ru;

Юдкин Федор Анатольевич, Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», 117218, Москва, Нахимовский пр-т 36, корп.1, e-mail: iontras@yandex.ru;

A REVIEW OF METHODS FOR SUPPRESSION OF SHORT-CHANNEL EFFECTS IN DEEP SUBMICRON MOS TRANSISTOR

In this article constructive-technological methods for suppression of short-channel effects in deep submicron MOS transistor are considered. Advantages and disadvantages of different constructions are analyzed.

Keywords: MOS transistor, short-channel effects, silicon on insulator, subthreshold slope, leakage current

Data of authors:

Krasnikov Gennady Yakovlevich, doctor of Engineering Sciences, academician of Russian Academy of Sciences, Full Professor, «Molecular Electronics Research Institute» Stock Company, 12/1, 1-y Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: gkrasnikov@niime.ru;

Gornev Evgeny Sergeevich, doctor of Engineering Sciences, «Molecular Electronics Research Institute» Stock Company, 12/1, 1-y Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: egornev@niime.ru;

Ignatov Pavel Viktorovich, «Molecular Electronics Research Institute» Stock Company, 12/1, 1-y Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: paignatov@milron.ru;

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

TECHNOLOGY OF MEMRISTORS

Current investigations are aimed to creation of innovation elements for radiation-resistant nonvolatile fast storage of very large volume, based on new physical functionality principles. Optical parameters of memristor active medium were investigated using SPR method. The memristors switching mechanisms were explained using filaments theory, extended by physics of amorphous wideband semiconductors. This can improve the technology of elements for neuromorphic systems.

Keywords: technology, memristor, optics, semiconductor

Data of authors:

Palagushkin Aleksandr Nikolaevich, Federal State Institution «Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences», d. 36, korp. 1, pr-t Nakhimovsky, Moscow, Russian Federation, 117218, e-mail: iontras@yandex.ru;

Yudkin Fedor Anatolyevich, Federal State Institution «Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences», d. 36, korp. 1, pr-t Nakhimovsky, Moscow, Russian Federation, 117218, e-mail: iontras@yandex.ru;

Prokopenko Sergey Alekseevich, Federal State Institution «Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences», d. 36, korp. 1, pr-t Nakhimovsky, Moscow, Russian Federation, 117218, e-mail: iontras@yandex.ru;

Прокопенко Сергей Алексеевич, Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», 117218, Москва, Нахимовский пр-т 36, корп.1, e-mail: iontras@yandex.ru;

Сергеев Александр Петрович, Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», 117218, Москва, Нахимовский пр-т 36, корп.1, e-mail: iontras@yandex.ru

ПЛАТИНОВЫЕ СТАД-БАМПЫ С ПРИПОЙНЫМИ ШАРИКАМИ НА АЛЮМИНОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ КРЕМНИЕВЫХ КРИСТАЛЛОВ В ТЕХНОЛОГИИ FLIP-CHIP

Рассмотрены технологические особенности формирования платиновых стад-бампов термозвуковой микросваркой на кремниевых кристаллах с алюминиевой металлизацией контактных площадок. Проанализирована схема процесса нанесения припойных шариков на платиновые стад-бампы для сборки интегральных схем (далее – ИС) по технологии flip-chip.

Ключевые слова: алюминиевая металлизация, платиновая проволока, термозвуковая сварка, стад-бамп, припойный шарик

Сведения об авторах:

Побединский Виталий Владимирович, Воронежский государственный университет; Научно-исследовательский институт электронной техники, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 5, Российская Федерация, 394033; e-mail: vityal.pobedinsky@yandex.ru;

Рогозин Никита Владимирович, Научно-исследовательский институт электронной техники, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 5, Российская Федерация, 394033, e-mail: niktrace@mail.ru;

Лаврентьев Евгений Вячеславович, Научно-исследовательский институт электронной техники, ул. Старых Большевиков, д. 5, г. Воронеж, Российская Федерация, 394033, e-mail: lavrentjev.e.v@yandex.ru;

Рябов Александр Валерьевич, Научно-исследовательский институт электронной техники, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 5, Российская Федерация, 394033, e-mail: a.v.ryabov88@gmail.com;

Зенин Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор, Научно-исследовательский институт электронной техники, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 5, Российская Федерация, 394033, e-mail: zenvik@bk.ru;

Бормонтов Евгений Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1, Российская Федерация, 394018, e-mail: me144@phys.vsu.ru.

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ИСТОЧНИКА ОСВЕЩЕНИЯ В ПРОЕКЦИОННОЙ ФОТОЛИТОГРАФИИ

С уменьшением минимальных размеров элементов интегральных схем растут возможности литографического оборудования, и для реализации передовых технологических уровней сегодня используются установки проекционной фото-литографии с возможностью произвольного конфигурирования источника освещения. Появление данного функционала в установках привело к возникновению задачи оптимизации геометрии источника освещения, решаемой в данной работе. В статье рассмотрены методы представления источника освещения в задачах оптимизации, приведен обзор алгоритмов решения, а также

Sergeev Alexandr Petrovich, Fed-eral State Institution «Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences», d. 36, korp. 1, pr-t Nakhimovsky, Moscow, Russian Federation, 117218, e-mail: iontras@yandex.ru

PLATINUM STUD-BUMPS WITH SOLDER BALLS ON ALUMINUM METALLIZATION OF SILICON DIE IN FLIP-CHIP TECHNOLOGY

Technological features of platinum stud-bumps formation by thermosonic welding on silicon die with aluminum metallization of contact pads were considered. The scheme of process to mount solder balls on platinum stud-bumps for the manufacturing of semiconductor devices by the flip-chip technology was analyzed.

Keywords: aluminum metallization, platinum wire, thermosonic welding, stud-bump, solder ball

Data of authors:

Pobedinsky Vitaly Vladimirovich, Voronezh State University, Scientific Research Institute of Electronic Technology, 5, Starykh Bol'shevikov, Voronezh, Russian Federation, 394033, e-mail: vityal.pobedinsky@yandex.ru;

Rogozin Nikita Vladimirovich, Scientific Research Institute of Electronic Technology, 5, Starykh Bol'shevikov, Voronezh, Russian Federation, 394033, e-mail: niktrace@mail.ru;

Lavrentev Evgeny Vyacheslavovich, Scientific Research Institute of Electronic Technology, 5, Starykh Bol'shevikov, Voronezh, Russian Federation, 394033, e-mail: lavrentjev.e.v@yandex.ru;

Ryabov Alexandr Valerievich, Scientific Research Institute of Electronic Technology, 5, Starykh Bol'shevikov, Voronezh, Russian Federation, 394033, e-mail: a.v.ryabov88@gmail.com;

Zenin Victor Vasilievich, doctor of Engineering sciences, Professor, Scientific Research Institute of Electronic Technology, 5, Starykh Bol'shevikov, Voronezh, Russian Federation, 394033, e-mail: zenvik@bk.ru;

Bormontov Evgeny Nikolaevich, Doctor of Physico-mathematical Sciences, Professor, Voronezh State University, 1, Universitetskaya pl., Voronezh, Russian Federation, 394018, e-mail: me144@phys.vsu.ru.

ILLUMINATION SOURCE OPTIMIZATION METHOD IN PROJECTION PHOTO-LITHOGRAPHY

The smaller minimal integrated circuit feature size becomes the more capabilities lithography equipment acquires. So for cutting edge technologies lithography tools with free form illumination sources are used. The function has led to optimization task origin for illumination geometry and the task is the subject of the work. Illumination source mathematical representation and optimization algorithms reviews are given in the article. Besides genetic algorithm usage for source geometry optimization is demonstrated.

Keywords: photolithography, resolution, illumination source optimization

продемонстрирована оптимизация освещения с использованием генетического алгоритма.

Ключевые слова: фотолитография, разрешающая способность, источник освещения, оптимизация, генетический алгоритм

Сведения об авторах:

Харченко Екатерина Леонидовна, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», 124498, Москва, Зеленоград, пл. Шокина, д.1; Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: ekharchenko@mikron.ru;

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

Кузовков Алексей Валерьевич; Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: akuzovkov@mikron.ru

ПОЛЕВАЯ ЭМИССИЯ ЭЛЕКТРОНОВ МНОГООСТРИЙНЫХ КРЕМНИЕВЫХ КАТОДНЫХ МАТРИЦ

Исследовано влияние плазмохимической модификации поверхности на автоэмиссионные свойства кристаллов кремния дырочного типа проводимости. Показано, что применение фторуглеродной плазмы при структурировании поверхности кристаллов кремния с использованием углеродного масочного покрытия позволяет получать заданные токи автоэмиссии при различных напряженностях внешних электрических полей независимо от коэффициентов усиления поля эмиссионных выступов. Рассмотрены физико-химические механизмы, ответственные за модификацию автоэмиссионных характеристик кристаллов кремния.

Ключевые слова: полевая эмиссия электронов, морфология, кремний, модификация поверхности

Сведения об авторах:

Красников Геннадий Яковлевич, доктор технических наук, член Президиума Российской академии наук, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: gkrasnikov@niime.ru;

Горнев Евгений Сергеевич, доктор технических наук, профессор, акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д.12, стр.1, e-mail: egornev@mikron.ru;

Орлов Сергей Николаевич

Яфаров Равиль Кяшшафович, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией «Субмикронная электронно-ионная технология» Саратовского филиала Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской Академии Наук, 410019, г. Саратов, ул. Зеленая, 38, e-mail: pirpc@yandex.ru;

Яфаров Андрей Равильевич, ведущий инженер лаборатории «Субмикронная электронно-ионная технология» Саратовского филиала Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской Академии Наук, 410019, г. Саратов, ул. Зеленая, 38, e-mail: andryf@yandex.ru;

Data of authors:

Kharchenko Ekaterina Leonidovna, «National Research University of Electronic Technology», Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498; «Molecular Electronic Research Institute» Stock Company, National Research University of Electronic Technology, d. 12/1, 1st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: ekharchenko@mikron.ru;

Ivanov Vladimir Viktorovich, «Molecular Electronic Research Institute» Stock Company, National Research University of Electronic Technology, d. 12/1, 1st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: vlaivanov@mikron.ru;

Kuzovkov Aleksey Valerievich, «Molecular Electronic Research Institute» Stock Company, National Research University of Electronic Technology, d. 12/1, 1st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: akuzovkov@mikron.ru

FIELD EMISSION OF ELECTRONS OF MULTI-TIP CATHODE MATRICES ON P-TYPE SILICON CRYSTALS

The influence of the plasma-chemical modification of the surface on the autoemission properties of the p-type silicon crystals of silicon is investigated. It is shown that the use of fluorocarbon plasmas during the structuring of the surface of silicon crystals using a carbon mask coating allows one to obtain given autoemission currents at various intensities of external electric fields, regardless of the amplification factors of the field of emission protrusions. The physicochemical mechanisms responsible for the modification of field emission characteristics of silicon crystals are considered.

Keywords: field emission of electrons, morphology, silicon, modification of a surface

Data of authors:

Krasnikov Gennady Yakovlevich, doctor of Engineering Sciences, academician of Russian Academy of Sciences, Full Professor, «Molecular Electronics Research Institute» Stock Company, 12/1, 1-y Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: gkrasnikov@niime.ru;

Gornev Evgeny Sergeevich, doctor of Engineering Sciences, «Molecular Electronics Research Institute» Stock Company, 12/1, 1-y Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: egornev@niime.ru;

Orlov Sergey Nikolaevich

Yafarov Ravil Kyashshafovich, doctor of Engineering Sciences, Head of laboratory of Submicron electron ion technology, Saratov branch of Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences, 38, Zelenaya St., Saratov, 410019, Russia, e-mail: pirpc@yandex.ru;

Yafarov Andrey Ravilevich, Principal engineer of laboratory of Submicron electron ion technology, Saratov branch of Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences, 38, Zelenaya St., Saratov, 410019, Russia, e-mail: andryf@yandex.ru;

Timoshenkov Sergey Petrovich, doctor of Engineering Sciences, professor, National Research University of Electronic Technology (MIET), etc. 1, pl. Shokina, Zelenograd, Moscow, 124498, Russia, e-mail: spt@miee.ru;

Тимошенко Сергей Петрович, доктор технических наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», 124498, Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1, e-mail: spt@miee.ru;

Тимошенко Валерий Петрович, доктор технических наук, доцент, Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», 124498, Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1, e-mail: ieem@miee.ru.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ МИКРОАКСЕЛЕРОМЕТРА НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОМЕХАНИКИ И АКУСТОЭЛЕКТРОНИКИ

Приведены результаты моделирования конструкции чувствительного элемента микроакселерометра в части размеров инерционной массы и гибкого подвеса с ПАВ-топологией. Расчетно-аналитическим методом и методом математического моделирования в среде COMSOL Multiphysics определены оптимальные размеры и форма элементов конструкции для заданной номинальной нагрузки в 5g. Показано, что добиться равномерного изгиба подвеса можно, используя конструкцию переменной ширины/толщины.

Ключевые слова: МЭМС, ПАВ, моделирование, COMSOL Multiphysics, микроакселерометр

Сведения об авторах:

Бакулин Евгений Михайлович, Открытое акционерное общество «Авангард», 195271, Россия, Санкт-Петербург, Кондратьевский проспект, 72А, e-mail: bakulin.evg@gmail.com;

Курушин Григорий Валерьевич, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, дом 5, e-mail: violonistahiles8@gmail.com;

Строганов Кирилл Александрович, Открытое акционерное общество «Авангард», 195271, Россия, Санкт-Петербург, Кондратьевский проспект, 72А, e-mail: stroganoff2000@mail.ru.

СПОСОБ ОЦЕНКИ ЛАТЕНТНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ РЕГИСТРАЦИИ БИОПОНЕНЦИАЛОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА

В работе рассматривается структурная схема передачи данных между устройством для регистрации биологических сигналов и электронно-вычислительной машиной. Описывается способ оценки временного интервала между моментами возникновения потенциала на входе регистрирующей системы и получения оцифрованных данных прикладной программой. Представлены результаты оценки латентности передачи данных с использованием протокола Lab Streaming Layer для усилителей биопотенциалов NVX52 и NVX136.

Ключевые слова: усилитель, латентность, ээг, lsl, nvx

Сведения об авторах:

Забодаев Станислав Викторович, Общество с ограниченной ответственностью «Медицинские компьютерные системы» Москва, Зеленоград г., 4922-й пр-д, 4с2, e-mail: szabodaev@mail.ru;

Селищев Сергей Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Московский Институт Электронной Техники», 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, e-mail: sersel@miee.ru.

Timoshenkov Valery Petrovich, doctor of Engineering Sciences, associate Professor, National Research University of Electronic Technology (MIET), etc. 1, pl. Shokina, Zelenograd, Moscow, 124498, Russia, e-mail: ieem@miee.ru.

RESULTS OF SIMULATION OF THE MICROACCELEROMETER DESIGN BASED ON INTEGRATED TECHNOLOGY OF MICROMECHANICS AND ACOUSTOELECTRONICS

The results of simulation of design of microaccelerometer in terms of the dimensions of the inertial mass and flexible balk with a SAW topology are presented. Calculation-analytical method and mathematical modeling method in the COMSOL Multiphysics environment determined the optimal sizes and shape of the structural elements of the sensor for a specified nominal load of 5g. It is shown that it is possible to achieve uniform bending of the balk using a variable width / thickness construction.

Keywords: MEMS, SAW, modeling, COMSOL Multiphysics, microaccelerometer

Data of authors:

Bakulin Evgeniy Mikhailovich, Joint-stock company «Avangard», 72A, Kondratievsky ave, St. Petersburg, Russian Federation, 195271, e-mail: bakulin.evg@gmail.com;

Kurushin Grigoriy Valerievich, Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI», ul. Professora Popova 5, 197376, St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: violonistahiles8@gmail.com

Stroganov Kirill Aleksandrovich, Joint-stock company «Avangard», 72A, Kondratievsky ave, 195271, St. Petersburg, Russian Federation, e-mail: stroganoff2000@mail.ru.

METHOD OF EVALUATION OF DATA STREAM LATENCY IN BRAIN BIOPOTENTIALS ACQUISITION SYSTEMS

This paper describes structural scheme of data transfer between device for acquisition of biological signals and computer. Method for estimating of time interval between the moment of occurrence of potential at the input of an acquisition system and the moment of receiving of digitized data by applied software is described. Results of evaluation of the data stream latency using Lab Streaming Layer protocol for the amplifiers of biopotentials NVX52 and NVX136 are presented.

Keywords: amplifier, latency, eeg, lsl, nvx

Data of authors:

Zabodaev Stanislav Viktorovich, Medical Computer Systems Ltd., building 4-2, passage 4922, Zelenograd, Moscow, 124460 Russia, e-mail: szabodaev@mail.ru;

Selishchev Sergey Vasilievich, National Research University of Electronic Technology (MIET), etc.1, pl. Shokina, Zelenograd, Moscow, 124498, Russia, e-mail: sersel@miee.ru.

О ПРИЧИНАХ СОМНЕНИЙ В РЕАЛЬНОСТИ КВАНТОВОГО КОМПЬЮТЕРА

Рассматриваются причины сомнений в реальности квантового компьютера, такие как противоречие идеи квантовых вычислений с реализмом, сомнения в возможности мистического действия на расстоянии и существовании множества параллельных вселенных. Идея квантовых вычислений появилась вследствие непонимания смысла спора между критиками (Эйнштейн и др.) и защитниками (Бор и др.) квантовой механики. Появление квантовой информатики свидетельствует, скорее, о кризисе физики, чем о технологическом прорыве.

Ключевые слова: квантовый компьютер, ЭПР корреляция, мистическое действие на расстоянии, неравенства Белла, противоречие с реализмом

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, Ногинский район, Черноголовка, Институтская ул., д. 6, e-mail: aristov@iptm.ru;

Николов Алексей Васильевич, кандидат физико-математических наук, Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов Российской академии наук, 142432, Московская область, Ногинский район, Черноголовка, Институтская ул., д. 6, e-mail: nikulov@iptm.ru

THE REASONS FOR DOUBTS ABOUT THE REALITY OF QUANTUM COMPUTER

The causes of doubts about the reality of quantum computer, such as the contradiction of quantum mechanics with realism, doubts about the possibility of 'spooky action at a distant' and the existence of many parallel universes, are considered. The idea of quantum computing appeared as a result of misunderstanding of the dispute between critics (Einstein et al.) and defenders (Bohr et al.) of quantum mechanics. The appearance of quantum information science reveals the crisis of physics rather than the technological breakthrough.

Keywords: quantum computer, EPR correlation, spooky action at a distance, Bell's inequalities, contradiction with realism

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;

Nikulov Alexey Vasilievich, candidate of physical and mathematical Sciences, Institute of Microelectronics Technology, Russian Academy of Sciences, 6, Institutskaya, Chernogolovka, Noginsk district, Moscow, 142432, e-mail: nikulov@iptm.ru