

ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА

**СЕРИЯ 3
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА**

Научно-технический журнал

Выпуск 4(196) 2024

ELECTRONIC ENGINEERING

**SERIES 3
MICROELECTRONICS**

Scientific & Technical Journal

Issue 4(196) 2024

Москва, 2024

«ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА.**Серия 3.****МИКРОЭЛЕКТРОНИКА»****Редакционный совет****Главный редактор****Красников Геннадий Яковлевич,**

д. т. н., академик РАН

Члены редакционного совета**Асеев Александр Леонидович,**

д. ф.-м. н., академик РАН

Baklanov M. R., Dr. Sc.**Бетелин Владимир Борисович,**

д. ф.-м. н., академик РАН

Бокарев Валерий Павлович,

ответственный секретарь, д. т. н.

Бугаев Александр Степанович,

д. ф.-м. н., академик РАН

Быков Виктор Александрович,

д. т. н.

Галиев Галиб Бариевич, д. ф.-м. н.**Горбачевич Александр Алексеевич,**

д. ф.-м. н., академик РАН

Горнев Евгений Сергеевич,

зам. главного редактора,

д. т. н., член-корреспондент РАН

Ким Александр Кирилович, к. т. н.**Критенко Михаил Иванович,** к. т. н.**Maev Roman Gr., Dr. Sc.****Петричкович Ярослав Ярославович,**

д. т. н.

Рощупкин Дмитрий Валентинович,

д. ф.-м. н., член-корреспондент РАН

Сигов Александр Сергеевич,

д. ф.-м. н., академик РАН

Стемпковский Александр**Леонидович,** д. т. н., академик РАН**Чаплыгин Юрий Александрович,**

д. т. н., 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

Учредитель

АО «Научно-исследовательский
институт молекулярной
электроники»

Слово редактора 4**Некролог** 5**Разработка и конструирование**

А.М. Кулиш, В.В. Лосев. Проектирование микросхемы
6-разрядного фазовращателя x-диапазона на основе GaAs
технологического процесса PHEMT с топологической нормой
0,5 мкм 6

A.M. Kulish, V.V. Losev. Design of x-band 6-bit phase shifter
integrated circuit based on 0.5-μm PHEMT GaAs technology 16

**Д.В. Ходжиков, А.А. Кокотов, А.В. Помазанов, Е.А. Шутков,
Л.И. Бабак.** Исследование СВЧ элементов и разработка
микросхемы маломощного усилителя 2-4 ГГц на основе 180 нм
КМОП технологии 25

Свойства материалов

**Т.В. Захарова, Н.А. Захаров, В.П. Бокарев, Е.С. Горнев,
Г.Я. Красников.** Семейство сегнетоэлектриков $A_2B_2O_7$
для электронной техники и микроэлектроники: структурные
аспекты. Поиск новых материалов 37

П.А. Мокрушев, Д.А. Абдуллаев, Д.С. Серегин, А.А. Резванов.
Исследование структуры мезопористых органосиликатных плёнок,
легированных европием 54

Математическое моделирование

В.Л. Евдокимов. Физико-математическое моделирование
образования структурных неоднородностей слоев, формируемых
химическим осаждением из газовой фазы 64

А.В. Зверев, Д.Е. Ипатов. Модель ячейки считывания
с дифференцированием падающего излучения во времени
для ИК матричных фотоприемников 77

М.Ю. Барабаненков, А.А. Сапегин. Температурная
стабильность длины затухания электромагнитного возбуждения
в цепочке малых сферических частиц Si 86

M.Yu. Barabanenkov, A.A. Sapegin. Temperature stability
of the damping length of the electromagnetic excitation in a chain
of small spherical Si particles 93

А.В. Коршунов, П.С. Волобуев. Анализ джиттера
в высокоскоростных КМОП буферах с учетом шумов в цепях
питания 100

Аннотации 106

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., Sc. D.,
Full Member of the RAS

The Members of Editorial Council

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

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

Bokarev V. P., Sc. 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.,
Full Member of the RAS

Gornev E. S., Sc. D.,
Corresponding Member
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., Sc. D.

Corresponding Member of the RAS

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., 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

Necrology 5

Development and designing

A.M. Kulish, V.V. Losev. Design of x-band 6-bit phase shifter
integrated circuit based on 0.5- μ m PHEMT GaAs technology 6, 16

**D.V. Khojnikov, A.A. Kokolov, A.V. Pomazanov, E.A. Shutov,
L.I. Babak.** Investigation of microwave elements and design
low-noise amplifier 2-4 GHz based on 180 nm CMOS technology 25

Processes and technology

**T.V. Zakharova, N.A. Zakharov, V.P. Bokarev, E.S. Gornev,
G.Ya. Krasnikov.** $A_2B_2O_7$ family of ferroelectrics for electronic
engineering and microelectronics: structural aspects. search
for new materials 37

P.A. Mokrusev, D.A. Abdullaev, D.S. Seregin, A.A. Rezvanov.
Study of the structure of mesoporous organosilicate films doped
with europium 54

Mathematical simulation

V.L. Evdokimov. Physical and mathematical modeling
of the formation of structural inhomogeneities of layers formed
by chemical deposition from the gas phase 64

A.V. Zverev, D.E. Ipatov. A readout integrated circuit cell model
with incident radiation time differentiation for IR matrix
photodetectors 77

M.Yu. Barabanenkov, A.A. Sapegin. Temperature stability
of the damping length of the electromagnetic excitation in a chain
of small spherical Si particles 86, 93

A.V. Korshunov, P.S. Volobuev. Analysis of power supply induced
jitter in high-speed CMOS buffers 100

Abstracts 106

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)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОСХЕМЫ 6-РАЗРЯДНОГО ФАЗОВРАЩАТЕЛЯ X-ДИАПАЗОНА НА ОСНОВЕ GaAs ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА PHEMT С ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ НОРМОЙ 0,5 мкм

Фазовращатели играют важнейшую роль в формировании излучаемого системой АФАР СВЧ сигнала, преобразуя его фазу. В работе описывается процесс и приводятся результаты проектирования интегральной схемы 6-разрядного фазовращателя дискретно-коммутационного типа X-диапазона частот на основе GaAs технологии PHEMT с проектной нормой 0,5 мкм «GA05-D-L-01» фаундри-компании АО «Светлана-Рост».

Ключевые слова: GaAs, PHEMT, фазовращатель, СВЧ монолитная интегральная схема.

Сведения об авторах:

Кулиш Артем Максимович, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», 124498, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1; Акционерное общество «Микроволновые системы», 105122, г. Москва, ш. Щёлковское, д. 5, стр. 1, e-mail: artem111mass@gmail.com;

Лосев Владимир Вячеславович, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», 124498, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1, e-mail: dsd@miee.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЧ ЭЛЕМЕНТОВ И РАЗРАБОТКА МИКРОСХЕМЫ МАЛОШУМЯЩЕГО УСИЛИТЕЛЯ 2–4 ГГц НА ОСНОВЕ 180 НМ КМОП ТЕХНОЛОГИИ

В статье представлены результаты исследования тестового кристалла, изготовленного по 180 нм КМОП технологии, содержащего отдельные элементы (транзисторы, катушки индуктивности и конденсаторы). Проведён анализ характеристик усилительных и переключаемых транзисторов, конденсаторов и катушек индуктивностей. Для моделирования катушек индуктивности и линий передач был разработан стек для электромагнитного анализа в САПР ADS Momentum. Разработана интегральная схема малошумящего усилителя для диапазона частот 2...4 ГГц с коэффициентом усиления 20 дБ, коэффициентом шума 3,6 дБ, согласованием по входу и выходу –10 дБ и выходной мощностью 10 дБм.

Ключевые слова: МШУ, КМОП, 180 нм, электромагнитное моделирование, тестовые элементы.

Сведения об авторах:

Ходжигов Диас Владимирович, ФГАОУ ВО Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники «ТУСУР», 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 40, email: dias.khodzhikov@tusur.ru;

Коколов Андрей Александрович, кандидат технических наук, ФГАОУ ВО Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники «ТУСУР», 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 40, email: andrei.a.kokolov@tusur.ru;

Помазанов Алексей Владимирович, ФГАОУ ВО Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники «ТУСУР», 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 40, email: aleksei.v.pomazanov@tusur.ru;

Шутов Евгений Александрович, ФГАОУ ВО Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники «ТУСУР», 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 40, email: evgenii.a.shutov@tusur.ru;

Бабак Леонид Иванович, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники «ТУСУР», 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 40, email: leonid.i.babak@tusur.ru

DESIGN OF X-BAND 6-BIT PHASE SHIFTER INTEGRATED CIRCUIT BASED ON 0.5-μm PHEMT GaAs TECHNOLOGY

Phase shifters play a crucial role in the formation of the microwave signal emitted by the AESA system by converting its phase. The paper describes the process and presents the results of designing an integrated circuit of a 6-bit discrete-switchable phase shifter of the X-frequency range based on GaAs PHEMT technology with a design norm of 0.5 microns "GA05-D-L-01" by foundry company JSC "Svetlana-Rost".

Keywords: GaAs, PHEMT, phase shifter, Microwave Monolithic Integrated Circuit.

Data of authors:

Kulich Artyom Maksimovich, National Research University «Moscow Institute of Electronic Technology», 124498, Moscow, Zelenograd, Shokina Square, 1, Joint-Stock Company "Microwave Systems", 105122, Moscow, Shchelkovskoe hwy., apt. 5, bldg. 1, e-mail: artem111mass@gmail.com;

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

INVESTIGATION OF MICROWAVE ELEMENTS AND DESIGN LOW-NOISE AMPLIFIER 2–4 GHz BASED ON 180 NM CMOS TECHNOLOGY

The article presents the results of the experimental investigation of the test chip based on 180 nm CMOS technology that contains separate elements (transistors, inductors and capacitors). The characteristics analysis of the amplifying and switch NMOS transistors, capacitors and inductors was carried out. To simulate the inductors and transmission lines, a stack for electromagnetic analysis in ADS Momentum CAD was developed. An integrated circuit of a low-noise amplifier for the frequency range of 2–4 GHz with a gain of 20 dB, a noise figure of 3,6 dB, input and output matching better than –10 dB and an output power of 10 dBm was developed.

Keywords: LNA, CMOS, 180 nm, electromagnetic modeling, test elements.

Data of authors:

Khodzhikov Dias Vladimirovich, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics "TUSUR", 634045, Russia, Tomsk, Lenin Ave 40, email: dias.khodzhikov@tusur.ru;

Kokolov Andrey Alexandrovich, candidate of engineering sciences, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics "TUSUR", 634045, Russia, Tomsk, Lenin Ave 40, email: andrei.a.kokolov@tusur.ru;

Pomazanov Alexey Vladimirovich, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics "TUSUR", 634045, Russia, Tomsk, Lenin Ave 40, email: aleksei.v.pomazanov@tusur.ru;

Shutov Evgeny Alexandrovich, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics "TUSUR", 634045, Russia, Tomsk, Lenin Ave 40, email: evgenii.a.shutov@tusur.ru;

Babak Leonid Ivanovich, doctor of engineering sciences, professor Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics "TUSUR", 634045, Russia, Tomsk, Lenin Ave 40, email: leonid.i.babak@tusur.ru

СЕМЕЙСТВО СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ $A_2B_2O_7$ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ: СТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ. ПОИСК НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В данной работе рассматривается семейство сегнетоэлектриков состава $A_2B_2O_7$ в рамках поиска новых материалов для электронной техники и микроэлектроники. Сегнетоэлектрические материалы семейства $A_2B_2O_7$ характеризуются высокой температурой плавления, высокой диэлектрической проницаемостью, химической стойкостью, электрооптическими свойствами, а также изменяемой кристаллической структурой, обеспечивающей возможности модельного формирования в них разнообразных свойств (сегнетоэлектрических, полупроводниковых, магнито-электрических), потенциально перспективных для различных применений.

Ключевые слова: микроэлектроника, сегнетоэлектрики, кристаллическая структура, новые материалы.

Сведения об авторах:

Захарова Татьяна Владимировна, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта», 127994, РФ, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д. 9/9, e-mail: zakharov@igic.ras.ru;

Захаров Николай Алексеевич, доктор физико-математических наук, Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, 117907, РФ, ГСП-1, г. Москва, Ленинский проспект, д. 31, e-mail: zakharov@igic.ras.ru;

Бокарев Валерий Павлович, доктор технических наук, АО «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Россия, Москва, Зеленоград, улица Академика Валиева, 6/1, e-mail: vbokarev@niime.ru;

Горнев Евгений Сергеевич, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, АО «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Россия, г. Москва, г. Зеленоград, улица Академика Валиева, 6/1, e-mail: egornev@niime.ru;

Красников Геннадий Яковлевич, Президент Российской Академии Наук, профессор, доктор технических наук, АО «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Россия, г. Москва, г. Зеленоград, улица Академика Валиева, 6/1, e-mail: gkrasnikov@niime.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МЕЗОПОРИСТЫХ ОРГАНОСИЛИКАТНЫХ ПЛЁНОК, ЛЕГИРОВАННЫХ ЕВРОПИЕМ

Исследованы структурные свойства пористых золь-гель органосиликатных плёнок, легированных европием путём добавления нитрата гексагидрата европия в плёнокообразующие растворы. Установлено влияние способа добавления соли европия на химический состав, дефектность, показатель преломления, открытую пористость и размер пор в плёнках. Использование нитрата европия приводит к росту показателя преломления, изменению пористой структуры (уменьшение радиуса пор и открытой пористости) и химического состава плёнок (уменьшение количества силоксановых связей и увеличение количества силанольных групп, что в совокупности указывает на затруднённость конденсационных процессов, протекающих во время термообработки).

Ключевые слова: пористая органосиликатная плёнка, европий, золь-гель, ИК-Фурье спектроскопия, растровая электронная микроскопия.

Сведения об авторах:

Мокрушев Павел Александрович, «Институт перспективных технологий и индустриального программирования», Российский технологический университет, Российский Технологический Университет «МИРЭА», 119454, г. Москва, Проспект Вернадского, д. 78, e-mail: mokrushev@mirea.ru;

Абдуллаев Даниил Анатольевич, кандидат технических наук, «Институт нанотехнологий микроэлектроники Российской академии наук», 119334, г. Москва, Ленинский проспект, д. 32А, e-mail: abdullaev.d@inme-ras.ru;

Серегин Дмитрий Сергеевич, кандидат технических наук, «Институт перспективных технологий и индустриального программирования», «Технологический центр», МИРЭА – Российский технологический университет, 119454, г. Москва, Проспект Вернадского, д. 78, e-mail: d_seregin@mirea.ru;

Резванов Аскар Анварович кандидат физико-математических наук, АО «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники»; Российский Технологический Университет «МИРЭА»; Научно-образовательный центр «Технологический центр», Московский Физико-Технический Институт; г. Москва, г. Зеленоград, Академика Валиева 6/1; e-mail: arezvanov@niime.ru

$A_2B_2O_7$ FAMILY OF FERROELECTRICS FOR ELECTRONIC ENGINEERING AND MICROELECTRONICS: STRUCTURAL ASPECTS. SEARCH FOR NEW MATERIALS

In this paper, a family of ferroelectrics of the $A_2B_2O_7$ composition is considered as part of the search for new materials for electronic technology and microelectronics. Ferroelectric materials of the $A_2B_2O_7$ family are characterized by a high melting point, high dielectric constant, chemical resistance, electro-optical properties, as well as a variable crystal structure that provides the possibility of modeling the formation of various properties in them (ferroelectric, semiconductor, magnetoelectric), potentially promising for various applications.

Keywords: microelectronics, ferroelectrics, crystal structure, new materials.

Data of authors:

Tatiana Vladimirovna Zakharova, candidate of physical and mathematical Sciences, Russian University of transport (MIIT), 9, Obrastsova st., Moscow, Russian Federation, 127994, e-mail: zakharov@igic.ras.ru;

Nikolay Alekseevich Zakharov, Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry, doctor of physical and mathematical Sciences, professor, 31, Leninskiy pr., Moscow, Russian Federation, 117907, e-mail: zakharov@igic.ras.ru;

Valerii Pavlovich Bokarev, doctor of Engineering Sciences, Molecular Electronics Research Institute, Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, Akademika Valieva ulitsa, 6/1, e-mail: vbokarev@niime.ru;

Evgeny Sergeevich Gornev, doctor of Engineering Sciences, Professor, «Molecular Electronic Research Institute» Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 6/1 Akademika Valieva street, e-mail: egornev@niime.ru;

Gennady Yakovlevich Krasnikov, President of the Russian Academy of Sciences., doctor of Engineering Sciences, Professor, «Molecular Electronic Research Institute» Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 6/1 Akademika Valieva street, e-mail: gkrasnikov@niime.ru

STUDY OF THE STRUCTURE OF MESOPOROUS ORGANOSILICATE FILMS DOPED WITH EUROPIUM

The structural properties of porous sol-gel organosilicate films doped with europium by adding europium hexahydrate nitrate into the film-forming solutions have been investigated. The effect of the method of europium salt addition on the chemical composition, defectivity, refractive index, open porosity, and pore size of the films was determined. The use of europium nitrate leads to an increase in the refractive index, a change in the porous structure (a decrease in pore radius and open porosity), and the chemical composition of films (a decrease in siloxane bonds and an increase in silanol groups, which together indicate the difficulty of condensation processes occurring during heat treatment).

Keywords: porous organosilicate film, europium, sol-gel, FTIR spectroscopy, scanning electron microscopy.

Data of authors:

Mokrushev Pavel Aleksandrovich, «Institute of Advanced Technologies and Industrial Programming», MIREA – Russian Technological University, 119454, Moscow, Vernadsky Avenue 78, e-mail: mokrushev@mirea.ru;

Abdullaev Daniil Anatolievich, Ph.D. (technical sciences), Institute of Nanotechnologies of Microelectronics of the Russian Academy of Sciences, 119334, Moscow, Leninsky Avenue 32A, e-mail: abdullaev.d@inme-ras.ru;

Seregin Dmitry Sergeyevich, Ph.D. (Technical Sciences), «Institute of Advanced Technologies and Industrial Programming», «Technological Centre», MIREA – Russian Technological University, 119454, Moscow, Vernadsky Avenue 78, e-mail: d_seregin@mirea.ru;

Rezvanov Askar Anvarovich, Ph.D., «Molecular Electronics Research Institute», Stock Company, Russian Technological University «MIREA», Research and Educational Center «Technological Center», Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Zelenograd, Akademika Valieva 6/1, e-mail: arezvanov@niime.ru

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ СЛОЁВ, ФОРМИРУЕМЫХ ХИМИЧЕСКИМ ОСАЖДЕНИЕМ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

Предложена физико-математическая модель процесса образования структурных неоднородностей слоёв, осаждаемых из газовой фазы, учитывающая ненасыщенную адсорбцию реагентов и продуктов реакции на непрерывно обновляющейся поверхности осаждения. Даны выражения для определения концентраций продуктов и скоростей их доставки в равновесных стадиях гетерогенного и гомогенного процессов диффузии, адсорбции и химической реакции в пограничном газовом слое и на подложке. Сформулированы и количественно оценены показатели структурных неоднородностей слоёв. На примере процесса осаждения оксида кремния окислением моносилана показано удовлетворительное соответствие модельных расчётных значений экспериментальным по полиморфности, локальной дефектности, размерам кластеров, их концентрации и содержанию молекулярной воды.

Ключевые слова: моделирование, газозафазное осаждение, оксид кремния, неоднородности структуры.

Сведения об авторе:

Евдокимов Владимир Лукьянович, АО «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Россия, г. Москва, г. Зеленоград, ул. Академика Валиева, д. 6/1, e-mail: vevdokimov@niime.ru

PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODELING OF THE FORMATION OF STRUCTURAL INHOMOGENEITIES OF LAYERS FORMED BY CHEMICAL DEPOSITION FROM THE GAS PHASE

A physico-mathematical model of the formation of structural inhomogeneities of layers deposited from the gas phase is proposed, taking into account the unsaturated adsorption of reagents and reaction products on a continuously updated deposition surface. Expressions are given to determine the concentrations of products and their delivery rates in the equilibrium stages of heterogeneous and homogeneous processes of diffusion, adsorption and chemical reaction in the boundary gas layer and on the substrate. The indicators of structural heterogeneities of the layers are formulated and quantified. Using the example of the deposition of silicon oxide by oxidation of monosilane, the satisfactory correspondence of the model calculated values with experimental ones in polymorphism, local defectiveness, cluster sizes, their concentration and molecular water content is shown.

Keywords: modeling, gas-phase deposition, silicon oxide, structure inhomogeneity.

Data of author:

Evdokimov Vladimir Lukyanovich, "Molecular Electronics Research Institute", 6/1, Akademika Valieva street, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: vevdokimov@niime.ru

МОДЕЛЬ ЯЧЕЙКИ СЧИТЫВАНИЯ С ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕМ ПАДАЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ ДЛЯ ИК МАТРИЧНЫХ ФОТОПРИЁМНИКОВ

Для достижения требуемых характеристик ИК сенсоров в ряде актуальных задач необходима разработка новых вариантов аппаратной реализации интегральной микросхемы считывания матричных фотоприёмных устройств (ФПУ). Одним из этих вариантов является переход к регистрации изменения падающего излучения в каждой пиксельной ячейке матрицы независимо. В данной работе представлены результаты модельного исследования применимости подхода дифференцирования падающего излучения во времени к матричному ИК ФПУ.

Исследование проводилось с помощью разработанного авторами программного комплекса моделирования динамических ИК сцен. Показано, что данный подход обеспечивает более быстрый отклик, до трёх порядков, на изменения, происходящие на сцене, по сравнению с традиционным кадровым способом регистрации изображения. Требуемый объём передаваемых данных между фотоприёмной матрицей и модулем обработки может быть значительно сокращен и существует возможность его динамической подстройки в зависимости от тех или иных характеристик регистрируемых событий на сцене. В статье приведены сравнительные характеристики моделей ИК ФПУ с кадровой регистрацией сцены и с дифференцированием падающего излучения во времени.

Ключевые слова: моделирование, фотоприёмное устройство, интегральная микросхема считывания, ИК сенсор, архитектура пиксельной ячейки, Dynamic Vision Sensor.

Сведения об авторах:

Зверев Алексей Викторович, кандидат физико-математических наук, ООО «Мотив нейроморфные технологии», 121205, г. Москва, вн. тер. г. Муниципальный Округ Можайский, тер. Инновационного Центра Сколково, б-р Большой, д. 42, стр. 1, эт/пом/раб 1/306/61

Ипатов Дмитрий Евгеньевич, ООО «Мотив нейроморфные технологии», 121205, г. Москва, вн. тер. г. Муниципальный Округ Можайский, тер. Инновационного Центра Сколково, б-р Большой, д. 42, стр. 1, эт/пом/раб 1/306/61 e-mail: dipatov@motivnt.ru

A READOUT INTEGRATED CIRCUIT CELL MODEL WITH INCIDENT RADIATION TIME DIFFERENTIATION FOR IR MATRIX PHOTODETECTORS

In order to achieve IR photodetectors required characteristics in a number of current problems it is necessary to develop a new readout integrated circuit (ROIC) cell hardware implementation. One of the most promising technique is to use independent incident radiation time differentiation cell. This work presents results of a incident radiation time differentiation approach for an IR matrix photodetector model study. The study was carried out using a dynamic IR scene modeling software package developed by authors. It is shown that this approach provides a faster, up to three orders of magnitude, response to scene changes compared to the traditional frame-by-frame image capturing technique. The required data bandwidth between ROIC and a processing module can be significantly reduced and it is possible to dynamically configure it depending on certain scene events. Comparative IR photodetector models characteristics using frame-by-frame and time differentiating techniques were shown.

Keywords: modeling, photodetector, readout integrated circuit, IR photodetector, cell architecture, Dynamic Vision Sensor.

Data of authors:

Zverev Alexey Victorovich, Ph. D. Motiv NT LLC, Bolshoy b-r, 42, building 1, fl/pom/rab 1/306/61, ter of the Skolkovo Innovation Center, Mozhaisky Municipal District, ext.ter.g., Moscow, 121205; Ipatov Dmitry Evgenievich, Motiv NT LLC, Bolshoy b-r, 42, building 1, fl/pom/rab 1/306/61, ter of the Skolkovo Innovation Center, Mozhaisky Municipal District, ext.ter.g., Moscow, 121205, e-mail: dipatov@motivnt.ru

ТЕМПЕРАТУРНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ДЛИНЫ ЗАТУХАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ В ЦЕПОЧКЕ МАЛЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ Si

Длина затухания электромагнитного возбуждения в линейной цепочке плотно упакованных малых частиц кремния рассчитана в приближении ближайших соседей и перпендикулярной оси цепочки поляризации электромагнитного излучения, возбуждающего крайнюю частицу цепочки. Показано, что длина затухания практически не зависит от температуры Si частиц в диапазоне температур от 25 до 850°C.

Ключевые слова: оптический нановолновод, связанные резонаторы, распространение возбуждения, темная мода.

Сведения об авторах:

Барabanenkov Михаил Юрьевич, доктор физико-математических наук, Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов Российской академии наук, 142432, Московская область, г. Черноголовка, ул. Академика Осипяна, д. 6, e-mail: barab@iptm.ru;

Сapegin Александр Андреевич, акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Россия, г. Москва, г. Зеленоград, ул. Академика Валиева, д. 6/1, e-mail: asapegin@niime.ru

АНАЛИЗ ДЖИТТЕРА В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ КМОП БУФЕРАХ С УЧЁТОМ ШУМОВ В ЦЕПЯХ ПИТАНИЯ

Работа посвящена построению моделей для предварительного анализа нестабильности (джиттера) временных характеристик высокоскоростных интерфейсов ввода/вывода, вызванных шумами в цепях питания. В статье рассматриваются основные причины, отвечающие за формирование джиттера, и принципы построения двух моделей для ускоренного анализа чувствительности к джиттеру – на основе простой линейной модели и коэффициента подавления помех по питанию. Точность рассмотренной модели по сравнению с результатами SPICE моделирования для технологии 90 нм в среднем составляет 11,1%.

Ключевые слова: фазовый шум, цепи питания, КМОП, ячейки ввода/вывода.

Сведения об авторах:

Коршунув Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Институт интегральной электроники имени академика К. А. Валиева Национального исследовательского университета «МИЭТ», Россия, 124498, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, 1, e-mail: korsh84@yandex.ru;

Волобуев Павел Сергеевич, НПК «Технологический центр», Россия, 124498, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, 1, стр. 7, Институт интегральной электроники имени академика К. А. Валиева Национального исследовательского университета «МИЭТ», Россия, 124498, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, 1, e-mail: synopsis@bk.ru

TEMPERATURE STABILITY OF THE DAMPING LENGTH OF THE ELECTROMAGNETIC EXCITATION IN A CHAIN OF SMALL SPHERICAL Si PARTICLES

The damping length of electromagnetic excitation in a linear chain of closely packed small silicon particles is calculated in the nearest neighbour approximation and perpendicular to the chain axis polarisation of the electromagnetic radiation exciting the outermost particle of the chain. It is shown that the attenuation length is practically true in the range 25 to 850°C.

Keywords: optical nanowaveguide, coupled resonator, excitation transfer, dark mode.

Data of authors:

Barabanenkov Mikhail Yurievich, Institute of microelectronics technology and high purity materials RAS, 6, Academician Ossipyan str, Chernogolovka, Moscow Region, 142432, Russia, e-mail: barab@iptm.ru;

Sapegin Aleksandr Andreevich, "Molecular Electronics Research Institute", 6/1, Akademika Valieva street, Moscow, Zelenograd, Russia, 124460, e-mail: asapegin@niime.ru

ANALYSIS OF POWER SUPPLY INDUCED JITTER IN HIGH-SPEED CMOS BUFFERS

The paper is devoted to models for the fast analysis of power supply induced jitter (PSIJ) effects to the timings of high-speed I/O interfaces. The paper discusses the main factors for the PSIJ formation and the basic principles for two models of fast analysis for jitter sensitivity. The considered models are based on simple linear model and power supply rejection ratio. The accuracy of the considered model, compared with the results of SPICE modeling for 90 nm technology, averages 11.1%.

Keywords: power supply induced jitter, PSIJ, CMOS, I/O, power network.

Data of authors:

Andrey Vladimirovich Korshunov, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Institute of Integrated Electronics, National Research University of Electronic Technology, 1, Shokin sq., Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: korsh84@yandex.ru;

Pavel Sergeevich Volobuev, Scientific Researcher of the Integrated Circuits Department, SMC "Technological Center", Russia, 124498, Moscow, Zelenograd, Shokin sq., 1, bld. 7, Institute of Integrated Electronics, National Research University of Electronic Technology, 1, Shokin sq., Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: synopsis@bk.ru