



<http://www.volgatech.net/>

ВЕСТНИК 3(22) 2014

ПОВОЛЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

июль – сентябрь

Научно-технический журнал

Издаётся с ноября 2007 года

Выходит четыре раза в год

СЕРИЯ «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы»

Журнал включён в систему РИНЦ, ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY и ПЕРЕЧЕНЬ ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных степеней доктора и кандидата наук

Учредитель и издатель:

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-51886 от 23 ноября 2012 г.).

Полное или частичное воспроизведение материалов, содержащихся в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения редакции.

Адрес редакции:

424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Тел. (8362) 68-60-12, 68-78-46

Факс (8362) 41-08-72

e-mail: vestnik@volgatech.net

Редактор *Т. А. Рыбалка*

Дизайн обложки *Л. Г. Маланкина*

Компьютерная верстка

А. А. Кислицын

Перевод на английский язык

О. В. Миронова

Подписано в печать 26.09.14.

Формат 60×84 1/8. Усл. п. л. 11,6

Тираж 500 экз. Заказ №

Дата выхода в свет 02.10.14.

Цена свободная

Поволжский государственный технологический университет
424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО ИПФ «Стринг»
424006, Йошкар-Ола,
ул. Строителей, 95

Главный редактор

Н. В. Рябова, д-р физ.-мат. наук, профессор

Редакционный совет:

Д. В. Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор
(председатель)

А. В. Пестряков, д-р техн. наук, профессор (Москва)
(зам. председателя)

Д. С. Лукин, д-р физ.-мат. наук, профессор (Москва)

А. Ф. Надеев, д-р физ.-мат. наук, профессор (Казань)

Редакционная коллегия:

В. А. Иванов, д-р физ.-мат. наук, профессор
(зам. главного редактора)

И. Я. Орлов, д-р техн. наук, профессор (Нижний Новгород)
(зам. главного редактора)

Alexander A. Balandin, D. Sci., Professor
(Riverside, California, USA)

А. С. Дмитриев, д-р физ.-мат. наук, профессор (Москва)

А. С. Крюковский, д-р физ.-мат. наук, профессор (Москва)

А. Н. Леухин, д-р физ.-мат. наук, профессор

В. А. Песошин, д-р техн. наук, профессор (Казань)

А. А. Роженцов, д-р техн. наук, профессор

И. Г. Сидоркина, д-р техн. наук, профессор

Н. М. Скулкин, д-р техн. наук, профессор

Я. А. Фурман, д-р техн. наук, профессор

Л. Ф. Черногор, д-р физ.-мат. наук, профессор (Украина)

Yury V. Shestopalov, D. Sci., Professor
(Karlstad University, Sweden)

А. В. Зуев, канд. техн. наук, доцент
(отв. секретарь серии)

VESTNIK 3(22) 2014

OF VOLGA STATE UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY

july– september

Scientific and technical journal

Issued since November, 2007

Published four times a year

SERIES «Radio Engineering and Infocommunication Systems»

The journal is included in the Russian Science Citation Index (RSCI) database, Ulrich's Periodicals Directory, and in the list of leading peer-reviewed scientific journals and editions for publishing the essential scientific results of the theses for the degrees of Candidate and Doctor of Sciences

Founder and Publisher:

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Volga State University of Technology»

The journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications (registration certificate ПИ № ФЦ77-51886 from November 23, 2012)

Full and partial reproduction of materials published in the issue is allowed only upon receiving the written approval of the Editorial Office

Editorial office address:

424000, Yoshkar-Ola, Lenin Square, 3

Tel. (8362) 68-60-12, 68-78-46

Fax (8362) 41-08-72

E-mail: vestnik@volgatech.net

Editor *T. A. Rybalka*

Cover design *L. G. Malankina*

Computer-aided makeup

A. A. Kislitsyn

Translation into English

O. V. Mironova

Passed for printing 26.09.14.

Format 60×84 1/8. No. of press sheets. 11,6

Circulation 500 copies. Order №

Publication Date 02.10.14.

Free price

Volga State University of Technology
424000, Yoshkar-Ola, Lenin Square, 3

Printed from the original layout
in LLC PPF«String»
424006, Yoshkar-Ola,
95, Stroiteley St.

Editor-in-chief

N. V. Ryabova, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Editorial Board:

D. V. Ivanov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
(*Chairman*)

A. V. Pestryakov, Doctor of Engineering Sciences, Professor (Moscow)
(*Vice-Chairman*)

D. S. Lukin, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
(Moscow)

A. F. Nadeev, Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor (Kazan)

Editorial Staff:

V. A. Ivanov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor (*Deputy Editor-in-chief*)

I. Ya. Orlov, Doctor of Engineering Sciences, Professor
(Nizhny Novgorod) (*Deputy Editor-in-chief*)

Alexander A. Balandin, D. Sci., Professor (Riverside, California, USA)

A. S. Dmitriev, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor
(Moscow)

A. S. Kryukovsky, Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor (Moscow)

A. N. Leukhin, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

V. A. Pesoshin, Doctor of Engineering Sciences, Professor (Kazan)

A. A. Rozhentsov, Doctor of Engineering Sciences, Professor

I. G. Sidorkina, Doctor of Engineering Sciences, Professor

N. M. Skulkin, Doctor of Engineering Sciences, Professor

Ya. A. Furman, Doctor of Engineering Sciences, Professor

L. F. Chernogor, Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor (Ukraine)

Yury V. Shestopalov, D. Sci., Professor (Karlstad University, Sweden)

A. V. Zuev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
(*Executive Secretary*)

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ
И РАДИОТЕХНИКА

Г. И. Ильин, А. Г. Ильин, О. Г. Морозов. К теории квазигармонических колебаний
В. А. Иванов, Д. В. Иванов, Н. В. Рябова, М. И. Рябова, А. А. Чернов. Модель ионосферного высокочастотного радиоканала для расчёта эффектов воздействия на сигналы амплитудной и второго порядка фазовой дисперсии

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И ИНФОРМАТИКА

С. Г. Черный, В. А. Доровской. Модель концептуального анализа в аспекте оптимизации рентабельной глубоководной разработки
З. С. Лучинин, И. Г. Сидоркина. Формализация семантики в документо-ориентированных базах данных
Х. Э. Рахманов. Решение задачи распознавания номерных знаков транспортных средств методом контурного анализа.

ЭЛЕКТРОНИКА

И. И. Попов, Н. С. Ваишурин, А. В. Мороз, С. А. Степанов, Н. И. Сушенцов, А. А. Роженцов, А. О. Евдокимов. Новые подходы получения материалов нанoeлектроники магнетронным распылением с использованием методов контроля их структуры и оптических свойств

НОВИНКИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ.
ОБЗОРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ. ВАЖНЫЕ ДАТЫ

А. В. Зувев. Учёные Поволжского государственного технологического университета на Всероссийской конференции «Распространение радиоволн»
Информация для авторов

CONTENTS

TELECOMMUNICATION
AND RADIO ENGINEERING

G. I. Ilyin, A. G. Ilyin, O. G. Morozov. To the theory of quasi-harmonic oscillations
V. A. Ivanov, D. V. Ivanov, N. V. Ryabova, M. I. Ryabova, A. A. Chernov. Ionospheric high-frequency radio channel model for the calculation of influence effects of amplitude and phase dispersion of the second order on signals

COMPUTER ENGINEERING
AND INFORMATION TECHNOLOGY

S. G. Chernyy, V. A. Dorovskoy. Model of a conceptual analysis in the aspect of profitable deep seabed mining optimization
Z. S. Luchinin, I. G. Sidorkina. Semantics formalization in document-centric databases
Kh. E. Rakhmanov. Solution to vehicle license plate recognition by means of loop analysis

ELECTRONICS

I. I. Popov, N. S. Vashurin, A. V. Moroz, S. A. Stepanov, N. I. Sushentsov, A. A. Rozhentsov, A. O. Evdokimov. New approaches to getting nanoelectronics materials by means of magnetron sputtering using control methods of their structure and optical properties

THE NOVELTIES IN THE FIELD OF ENGINEERING AND TECHNOLOGIES. REVIEWS. CONFERENCES. IMPORTANT DATES

A. V. Zuev. Scientists of Volga state university of technology at All-russian conference «Propagation of radio waves»
Information for the authors



Уважаемые коллеги !

Представляем Вам третий номер 2014 года журнала «Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы».

Раздел «Телекоммуникации и радиотехника» открывается обзорной статьёй учёных Казанского национального исследовательского университета им. А.Н. Туполева. В ней рассмотрены особенности квазигармонических колебаний, определены их основные общие свойства и различия. Дано объяснение ряду особенностей поведения шумов и смеси сигнал-шум на выходе узкополосных фильтров и амплитудных детекторов. В статье авторского коллектива Поволжского государственного технологического университета получена модель радиоканала с амплитудной и фазовой второго порядка дисперсией. Исследовано влияние фазовой дисперсии на скачки фазовой задержки при быстрой смене канала связи, а также её влияние на параметры согласованного с радиоканалом импульсного ЛЧМ-сигнала с прямоугольной и гауссовой огибающими.

Раздел «Вычислительная техника и информатика» начинается с работы учёных Керченского государственного морского технологического университета. В ней анализируются концептуальные проблемы организации рентабельной глубоководной разработки полезных ископаемых, затронуты аспекты формирования и добычи полезных ископаемых на примере Республики Крым. Сформулирована теорема об оптимальном терминальном управлении технологическим процессом глубоководной разработки полезных ископаемых, представлены её следствия и имитационная модель, а также разработанные программные комплексы. Учёными ПГТУ рассмотрены необходимые для построения нереляционных баз данных методы и модели поддержки ссылочной целостности при обработке больших объёмов слабоструктурированных данных. Раздел завершает статья, представляющая результаты применения теории распознавания образов в задаче определения номерных знаков движущихся транспортных средств. Предложен модернизированный алгоритм сегментации отдельных символов номерного знака с использованием метода контурного анализа.

В разделе «Электроника» представлен обзор работ, характеризующих структуры плёнок и возникающих в них наноразмерных полупроводниковых образований, обладающих нанооптическими свойствами. Рассмотрены новые методы получения тонких функциональных плёнок со стабильными параметрами при магнетронном распылении. Приводятся технологические режимы нанесения таких плёнок, методы контроля кристаллической структуры и методы повышения их качества за счёт моделирования технологических параметров. Представлены характеристики кванторазмерных полупроводниковых структур, возникающие на электронах, локализованных на поверхностных дефектах волоконно-кристаллической структуры. Обобщаются результаты исследований оптических свойств кванторазмерных структур, полученных новым методом на основе фемтосекундного фотонного эха. Приводятся предложения по использованию новых результатов при разработке технологий получения перспективных наноэлектронных приборов.

В заключительном разделе представлена информация об итогах работы XXIV Всероссийской конференции «Распространение радиоволн», проведённой на базе Института солнечно-земной физики СО РАН (ИСЗФ СО РАН), г. Иркутск.

Уважаемые коллеги, надеемся, что статьи, публикуемые в этом номере, Вас заинтересовали. Присылайте Ваши статьи с результатами новых теоретических и экспериментальных исследований.

Профессор Наталья Рябова

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И РАДИОТЕХНИКА

УДК 621.37

К ТЕОРИИ КВАЗИГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Г. И. Ильин, А. Г. Ильин, О. Г. Морозов

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ,
Российская Федерация, 420111, Казань, ул. К. Маркса, 10
E-mail: reku@kai.ru

Рассматриваются особенности квазигармонических колебаний с целью определения их основных общих свойств и различий, в том числе исследуются единство и особенности их структур с учётом правомерности применения преобразования Гильберта по огибающей, возможности взаимного преобразования одного типа колебаний в другой при использовании специального амплитудно-фазового преобразования с коммутацией фазы, а также особенности поведения их частотно-временной структуры при полигармонических реализациях. С учётом полученных результатов и коррелированности теории квазигармонических колебаний и теории узкополосных шумов дано объяснение ряду особенностей поведения шумов и смеси сигнал–шум на выходе узкополосных фильтров и амплитудных детекторов, в том числе представлены анализ их тонкой структуры при приёме и прохождении через узкополосные фильтры, а также особенности изменения их спектральных характеристик, определяемые переключением фазы высокочастотной составляющей на π при переходе огибающей через нуль.

Ключевые слова: радиотехника; теория квазигармонических колебаний; структура квазигармонических колебаний; амплитудно-модулированный сигнал; частично подавленная несущая; сигнал биений; амплитудно-фазовое преобразование; теория узкополосных шумов; структура узкополосных шумов; узкополосный фильтр; амплитудный детектор.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания на оказание услуг (выполнение работ) по организации научных исследований, выполняемых Казанским национальным исследовательским техническим университетом на кафедре радиоэлектронных и квантовых устройств, кафедре радиофотоники и микроволновых технологий и в Научно-исследовательском институте прикладной электродинамики, фотоники и живых систем (программы «Развитие» и «Фотоника»).

Список литературы

1. Тихонов, В.И. Статистическая радиотехника / В.И. Тихонов. – М.: Советское радио, 1966. – 677 с.
2. Иванов, М.Т. Теоретические основы радиотехники / М.Т. Иванов, А.Б. Сергиенко, В.Н. Ушаков; под ред. В.Н. Ушакова. – М.: Высшая школа, 2002. – 306 с.
3. Заездный, А.М. Основы расчетов по статистической радиотехнике / А.М. Заездный. – М.: Связь, 1969. – 447 с.
4. Ильин, А.Г. К теории квазигармонических колебаний в радиотехнике / А.Г. Ильин // Пятнадцатая межрегион. науч.-техн. конф. «Обработка сигналов в системах наземной радиосвязи и оповещения» [окт. 2007 г., Нижний Новгород]: Материалы. – М.: МТУСИ, 2007. – С. 87-88.
5. Ильин, А.Г. О структуре узкополосных шумов / А.Г. Ильин // Международная научно-техническая конференция «Нигматуллинские чтения» [нояб. 2008 г., Казань]: Тезисы докладов.

– Казань: Изд-во Казан. гос. тех. ун-та, 2008. – С. 46-47.

6. Ильин, А.Г. Структура и информационная емкость узкополосных шумов в лидарных системах с гетеродинным приемом / А.Г. Ильин, Ю.Е. Польский // Оптика атмосферы и океана. – 1995. – Вып. 8, № 5. – С. 757-761.

7. Ильин, А.Г. Узкополосные шумы на выходе колебательного контура / А.Г. Ильин, Г.И. Ильин // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2007. – Т. 10, № 3. – С. 150-154.

8. Ильин, А.Г. Узкополосные шумы на выходе оптимального линейного фильтра / А.Г. Ильин // Нелинейный мир. – 2007. – № 10-11. – С. 657-662.

9. Ильин, А.Г. Особенности преобразования Гильберта для описания квазигармонических колебаний с произвольной структурой / А.Г. Ильин, Г.И. Ильин // Инфокоммуникационные технологии. – 2007. – № 4. – С. 13-15.

10. Ильин, А.Г. Воздействие сигнала и шума на нелинейный контур с емкостью р-п-перехода / А.Г. Ильин // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. – 2005. – № 2. – С. 26-28.

11. Ильин, А.Г. Влияние гармонического сигнала на спектр огибающей при приеме сигналов с гетеродинированием / А.Г. Ильин // Первый межреспубликанский симпозиум «Оптика атмосферы и океана» [июнь, 1994 г., Томск]. Тезисы докладов. – Томск: ИОА СО РАН, 1994. – С. 206-207.

12. Ильин, А.Г. Особенности прохождения белого шума через нелинейный контур с емкостью р-п-перехода / А.Г. Ильин // Десятый международный симпозиум «Оптика атмосферы и океана» [июнь, 2004 г., Томск]. Тезисы докладов. – Томск: ИОА СО РАН, 2003.

13. Ильин, А.Г. Линейное амплитудное детектирование узкополосного шума / А.Г. Ильин, Г.И. Ильин // Тринадцатая международная научно-техническая конференция «Радиолокация, навигация, связь» [апр., 2007 г., Воронеж]. Сборник трудов. – Воронеж: ОАО «Концерн «Созвездие», 2007. – Т. 1. – С. 139-143.

14. Ильин, А.Г. Узкополосные шумы на выходе оптимального линейного фильтра / А.Г. Ильин // Пятая международная научно-техническая конференция «Физика и технические приложения волновых процессов» [сент., 2006 г., Самара]. Тезисы докладов. – Самара: СГАУ, 2006. – С. 54-55.

15. Ильин, А.Г. Повышение помехоустойчивости и пропускной способности радиотехнических и оптоэлектронных систем на базе амплитудно-фазового преобразования сигнала и шумов / А.Г. Ильин. – Казань: Изд-во Казан. гос. тех. ун-та, 2005. – 192 с.

16. Пат. А 1338647 SU МПК4 G02F 1/03. Способ преобразования одночастотного когерентного излучения в двухчастотное / Ильин Г.И.,

Морозов О.Г.; заявитель КАИ им. А.Н. Туполева; заявл. 13.04.83; опубл. 20.07.2004. – Бюлл. № 20.

17. Пат. А1 1463010 SU МПК4 G02F 1/03. Двухчастотный лазерный излучатель / Ильин Г.И., Морозов О.Г., Польский Ю.Е., Терновсков В.Т.; заявитель КАИ им. А.Н. Туполева; заявл. 29.04.85; опубл. 20.07.2004. – Бюлл. № 20.

18. Пат. А1 1466494 SU МПК4 G02F 1/03. Двухчастотный лазерный излучатель / Ильин Г.И., Морозов О.Г., Польский Ю.Е.; заявитель КАИ им. А.Н. Туполева; заявл. 29.04.85; опубл. 20.07.2004. – Бюлл. № 20.

19. Пат. А1 1477130 SU МПК4 G02F 1/03. Двухчастотный лазерный излучатель / Ильин Г.И., Морозов О.Г., Польский Ю.Е.; заявитель КАИ им. А.Н. Туполева; заявл. 03.03.86; опубл. 20.07.2004. – Бюлл. № 20.

20. Ильин, Г.И. ЛЧМ-лидар с преобразованием частоты / Г.И. Ильин, О.Г. Морозов, Ю.Е. Польский // Оптика атмосферы и океана. – 1995. – Т. 8, № 12. – С. 1871-1874.

21. Ильин, Г.И. Исследования ЛЧМ-лидара с преобразованием частоты / Г.И. Ильин, О.Г. Морозов, Ю.Е. Польский // Оптика атмосферы и океана. – 1997. – Т. 10, № 2. – С. 435-440.

22. Ильин, Г.И. Особенности построения электрооптических амплитудно-фазовых формирователей двухчастотного лазерного излучения для дифференциальных ЛЧМ-лидаров / Г.И. Ильин, О.Г. Морозов, Ю.Е. Польский // Оптика атмосферы и океана. – 1998. – Т. 11, № 5. – С. 513-516.

23. Ильин, Г.И. Применение амплитудно-фазового преобразования частоты лазерного излучения для создания специальных схем ЧМ-лидаров / Г.И. Ильин, О.Г. Морозов, Ю.Е. Польский // Оптика атмосферы и океана. – 1999. – Т. 12, № 4. – С. 360-363.

24. Гоноровский, И.С. Радиотехнические цепи и сигналы / И.С. Гоноровский. – М.: Советское радио, 1966. – 431 с.

25. Баскаков, С.И. Радиотехнические цепи и сигналы / С.И. Баскаков. – М.: Высшая школа, 1983. – 536 с.

26. Тихонов, В.И. Статистическая радиотехника / В.И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1982. – 624 с.

27. Крауфорд, Ф. Берклеевский курс физики. Том III. Волны / Ф. Крауфорд. – М.: Наука, 1976. – 527 с.

28. Левин, Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. В 3 т. Т. 1. / Б.Р. Левин. – М.: Советское радио, 1969. – 752 с.

29. Миддлтон, Д. Введение в статистическую теорию связи. В 2 т. Т. 2. / Д. Миддлтон. – М.: Советское радио, 1962. – 860 с.

30. Голубев, В.Н. Оценка помехозащищенности главного тракта радиоприемника на основе использования функции распределения

- вероятностей уровней одиночных помех / В.Н. Голубев, В.Г. Зимогляд // Радиотехника. – 1986. – № 10. – С. 2205-2208.
31. Девинпорт, В.Б. Введение в теорию случайных сигналов и шумов / В.Б. Девинпорт, В.Л. Рутт. – М.: Иностранная литература, 1960. – 468 с.
32. Стратонович, Р.Л. Избранные вопросы теории флуктуаций в радиотехнике / Р.Л. Стратонович. – М.: Советское радио, 1961. – 558 с.
33. Rice, S.O. Statistical properties of a sine wave plus random noise / S.O. Rice // Bell System Technical Journal. – 1948. – Vol. 27, No 1. – Pp. 109-157.
34. Гуткин, Л.С. Преобразование сверхвысоких частот и детектирование / Л.С. Гуткин. – М.: Госэнергоиздат, 1953. – 415 с.
35. Гуткин, Л.С. Радиоприемные устройства. В 2 т. Т. 1. / Л.С. Гуткин, В.Л. Лебедев, В.И. Сифоров. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 704 с.
36. Буга, Н.Н. Радиоприемные устройства / Н.Н. Буга, А.И. Фалько, Н.И. Чистяков. – М.: Радио и связь, 1986. – 320 с.
37. Палишков, В.В. Радиоприемные устройства / В.В. Палишков. – М.: Радио и связь, 1984. – 392 с.
38. Рубцов, В.Д. Определение вероятностных характеристик помехи и ее смеси с узкополосным сигналом по экспериментальным данным / В.Д. Рубцов, А.Н. Зайцев // Радиотехника и электроника. – 1985. – Вып. 9. – С. 1742-1748.
39. Рубцов, В.Д. О распределении огибающей смеси сигнала и помехи / В.Д. Рубцов, А.Л. Копцев // Радиотехника и электроника. – 1988. – Вып. 5. – С. 1081-1084.
40. Грознецкий, Б.Н. Двухмерная плотность вероятности произвольной фазы узкополосного стационарного нормального шума / Б.Н. Грознецкий, А.Л. Штейнберг // Радиотехника и электроника. – 1988. – Вып. 10. – С. 2205-2208.
41. Копцев, А.А. О распределении фазы смеси сигнала и помехи / А.А. Копцев, В.Д. Рубцов // Радиотехника и электроника. – 1989. – Вып. 8. – С. 1774-1776.
42. Макаров, С.Б. Энергетические спектры случайных последовательностей сигналов с плавным изменением огибающей и фазы / С.Б. Макаров, И.А. Цикин // Радиотехника и электроника. – 1990. – Вып. 4. – С. 793-800.
43. Грознецкий, Б.Н. Математическое ожидание модуля производной фазы суммы модулированного сигнала и гауссовского шума / Б.Н. Грознецкий, А.Л. Штейнберг, К.А. Куликовский // Радиотехника и электроника. – 1990. – Вып. 12. – С. 2633-2637.
44. Блатов, В.В. Распределение вероятностей мгновенной частоты суммы сигнала и узкополосного шума / В.В. Блатов // Радиотехника. – 1986. – № 2. – С. 51-55.
45. Блатов, В.В. Измерение отношения сигнал/шум по плотности вероятности мгновенной частоты / В.В. Блатов // Радиотехника и электроника. – 1987. – Вып. 2. – С. 444-446.
46. Данилов, В.А. Вероятностное моделирование стационарных случайных процессов с применением квазидетерминированного гармонического колебания / В.А. Данилов // Радиотехника и электроника. – 1991. – Вып. 1. – С. 270-278.
47. Лернер, И.М. Фазоманипулированный сигнал с использованием амплитудно-модулированной огибающей для передачи частоты тактирования / И.М. Лернер, Г.И. Ильин // Нелинейный мир. – 2010. – Т. 8, № 5. – С. 321-325.
48. Лернер, И.М. Формирование фазоманипулированного сигнала с помощью переходных процессов при скачкообразном изменении фазы на входе колебательного контура / И.М. Лернер // Нелинейный мир. – 2010. – Т. 8, № 6. – С. 391-398.
49. Лернер, И.М. Переходные процессы в колебательном контуре при скачкообразных изменениях фазы / И.М. Лернер, Г.И. Ильин // Радиотехника и электроника. – 2010. – Т. 55, № 12. – С. 1482-1487.
50. Лернер, И.М. Переходные процессы в полосовом фильтре при скачкообразных изменениях фазы / И.М. Лернер, Г.И. Ильин, С.М. Чернявский // Радиотехника и электроника. – 2011. – Т. 56, № 3. – С. 346-351.
51. Лернер, И.М. Исследование стабильности символической частоты фазоманипулированного сигнала, сформированного с помощью переходного процесса / И.М. Лернер, Г.И. Ильин // Нелинейный мир. – 2011. – Т. 9, № 11. – С. 763-770.
52. Лернер, И.М. Анализ переходного процесса, вызванного скачком амплитуды и фазы радиоимпульса на входе узкополосной линейной системы / И.М. Лернер, Г.И. Ильин // Радиотехника и электроника. – 2012. – Т. 57, № 2. – С. 192-206.
53. Морозов, О.Г. Спектральные характеристики фотонных фильтров микроволновых сигналов на основе амплитудных электрооптических модуляторов / О.Г. Морозов, Т.С. Садеев // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – № 3 (10). – С. 22-30.
54. Айбатов, Д.Л. Преобразование спектра оптического излучения в двухканальном модуляторе Маха-Цендера и ROF-фильтр на его основе / О.Г. Морозов, Т.С. Садеев // Нелинейный мир. – 2010. – Т. 8, № 5. – С. 302-309.

55. Морозов, О.Г. Определение характеристик спектра усиления Мандельштама-Бриллюэна с помощью двухчастотного зондирующего излучения / О.Г. Морозов, Г.А. Морозов, А.А. Талипов, В.Г. Куприянов // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2012. – Т. 15, № 3. – С. 95-100.

56. Талипов, А.А. Метод формирования двухчастотного излучения для синтеза солитонов и применения спектрально-эффективной модуляции RZ и CSRZ форматов в оптических сетях доступа / А.А. Талипов, О.Г. Морозов, Г.И. Ильин и др. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2012. – № 2 (16). – С. 3-12.

57. Морозов, О.Г. Измерение мгновенной частоты СВЧ-радиосигналов в оптическом диапазоне на основе преобразования «частота-амплитуда» в волоконной решётке Брэгга с фазовым π -сдвигом / О.Г. Морозов, М.Р. Нургазизов, А.А. Талипов, А.А. Василец, П.Е. Денисенко // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2013. – № 3 (13). – С. 30-41.

58. Морозов, О.Г. Амплитудно-фазовая модуляция в системах радиофотоники / О.Г. Морозов, Г.И. Ильин // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 1(20). – С. 6-42.

Статья поступила в редакцию 23.06.14.

Ссылка на статью: Ильин Г.И., Ильин А.Г., Морозов О.Г. К теории квазигармонических колебаний // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 3 (22). – С. 6-33.

Информация об авторах

ИЛЬИН Герман Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиоэлектронных и квантовых устройств, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ. Область научных интересов – лазерные и радиотехнические системы, теория потенциальной помехоустойчивости. Автор свыше 150 публикаций. E-mail: reku@kai.ru

ИЛЬИН Александр Германович – доктор технических наук, профессор кафедры радиоэлектронных и квантовых устройств, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ. Область научных интересов – лазерные и радиотехнические системы, теория потенциальной помехоустойчивости. Автор свыше 50 публикаций. E-mail: reku@kai.ru

МОРОЗОВ Олег Геннадьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиофотоники и микроволновых технологий, директор Научно-исследовательского института прикладной электродинамики, фотоники и живых систем, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ. Область научных интересов – информационно-измерительные и телекоммуникационные системы оптического и микроволнового диапазонов. Автор свыше 150 публикаций. E-mail: microoil@mail.ru

TO THE THEORY OF QUASI-HARMONIC OSCILLATIONS

G. I. Ilyin, A. G. Ilyin, O. G. Morozov

Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-KAI,
Kazan, the Russian Federation, 420111, Kazan, K. Marx Street, 10
E-mail: reku@kai.ru

Key words: radio engineering; theory of quasi-harmonic oscillations; the structure of quasi-harmonic oscillations; amplitude-modulated signal; partially suppressed carrier; beat signal; amplitude-phase conversion; narrow-band noise theory; narrow-band noise structure; narrow-band filter; amplitude detector.

ABSTRACT

Introduction. Quasi-harmonic oscillations are widely used in the practice of radio-technical systems. Their feature is the ratio between the spectrum width and carrier oscillation frequency. In the first place, these are the following signals: amplitude-modulated signals, including signals with partially or fully suppressed carrier; beat signals, representing the superposition of harmonic oscillations, located in a narrow band of frequencies; narrow-band noises at the output of the receiving and amplifying devices with a narrow pass band. The theory of quasi-harmonic oscillations and narrow-band noise was mainly developed in the 60s of the last century. Recently some of its aspects have been clarified in terms of structuring the types of signals, clear definition of their common properties and the separation of private ones, that is of great importance both for the science and practice. **Purpose.** In this paper we attempt to systematize the clarified aspects of the quasi-harmonic oscillations and narrow-band noise theory. The singularities of quasi-harmonic oscillations are considered in this paper in order to determine their basic common properties and differences. The unity and contradiction of their structures are investigated taking into account the correctness of the use of the Hilbert transform on the envelope. The possibility of mutual transformation of one mode to another one when using special amplitude-phase conversion with phase commutation, the features of their time-and-frequency structure behavior in poly-harmonic implementations are investigated as well. **Conclusion.** Taking into account the received results and the correlation of the quasi-harmonic oscillations theory and the theory of narrowband noise, several characteristics of noise behavior and the signal and noise mixture at the output of narrowband filters and amplitude detectors are explained. The analysis of their fine structure during the reception and passage through narrow-band filters, as well as the regularities of the change of their spectral characteristics determined by phase switching of a high-frequency component to p during the transition of the envelope through zero are presented.

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the government task for rendering services (performance of work) consisting in the organization of scientific research, conducted by Kazan National Research Technical University at the Chair of Radio-Electronic and Quantum Devices, the Chair of Radiophotonics and Microwave Technologies and at the Scientific and Research Institute of Applied Electrodynamics, Photonics and Living Systems (programs «Development» and «Photonics»).

REFERENCES

1. Tihonov V.I. *Statisticheskaya radiotekhnika* [Statistical Radio Engineering]. Moscow: Sovetskoe radio, 1966. 677 p.
2. Ivanov M.T., Sergienko A. B., Ushakov V. N. *Teoreticheskie osnovy radiotekhniki* [Theoretical Foundations of Radio Engineering]. Edited by V. N. Ushakov. Moscow: Vysshaya shkola, 2002. 306 p.
3. Zaezdnyy, A.M. *Osnovy raschetov po statisticheskoy radiotekhnike* [Basics of Calculation on Statistical Radio Engineering]. Moscow: Svyaz', 1969. 447 p.
4. Ilyin, A.G. K teorii kvazigarmonicheskikh kolebaniy v radiotekhnike [To the Theory of Quasi-harmonic Oscillations in Radio Engineering]. *Pyatnadtsataya mezhhregion. nauch.-tekhn. konf. «Obrabotka signalov v sistemakh nazemnoy radio-svyazi i opoveshcheniya»* (okt. 2007 g., Nizhny Novgorod) [The Fifteenth Interregional Scientific and Technical Conference «Signal Processing in Systems of Ground Radio Communication and Warning» (October 2007, Nizhny Novgorod)]: Proceedings. Moscow: MTUCI, 2007. Pp. 87-88.
5. Ilyin A.G. O structure uzkopolosnykh шумов [About the Structure of Narrow-band Noise]. *Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Nigmatullinskie chteniya»* (noyab. 2008, g., Kazan) [International Scientific and Technical Conference «Nigmatullin's Readings» (Nov. 2008, Kazan)]: Proceedings. Kazan: Kazan State Technical University publ., 2008. Pp. 46-47.
6. Ilyin A.G., Pol'skiy Yu. E. Struktura i informatsionnaya emkost' uzkopolosnykh шумов v lidarnykh sistemakh s geterodinnym priemom [Structure and Information Capacity of Narrow-band Noise in Lidar Heterodyne Detection Systems]. *Optika atmosfery i okeana* [Atmosphere and ocean optics]. 1995. Issue 8, № 5. Pp. 757-761.
7. Ilyin A.G., Ilyin G. I. Uzkopolosnye shumy na vykhode kolebatel'nogo kontura [Narrowband Noise at the Output of the Oscillation Circuit]. *Fizika volnovykh protsessov i radiotekhnicheskie sistemy* [Physics of Wave Processes and Radio Technical Systems]. 2007. Vol. 10, № 3. Pp. 150-154.

8. Ilyin A.G. Uzkopolosnye shumy na vykhode optimal'nogo lineynogo fil'tra [Narrowband Noise at the Output of the Optimal Linear Filter]. *Nelineynyj mir* [Nonlinear world]. 2007. № 10-11. Pp. 657-662.
9. Ilyin A.G., Ilyin G. I. Osobennosti preobrazovaniya Gil'berta dlya opisaniya kvazigarmonicheskikh kolebaniy s proizvol'noy strukturoy [Features of the Hilbert Transform for the Description of Quasi-harmonic Oscillations with an Arbitrary Structure]. *Infokommunikatsionnye tekhnologii* [Infocommunication Technologies]. 2007. № 4. Pp. 13-15.
10. Ilyin A.G. Vozdeistvie signala i shuma na nelineyny kontur s emkost'yu p-n-perekhoda [Impact of Signal and Noise on a Nonlinear Circuit with the Capacity of p-n Junction]. *Vestnik Kazanskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. A.N. Tupoleva* [Vestnik of Kazan State Technical University named after A. N. Tupolev]. 2005. № 2. Pp. 26-28.
11. Ilyin A.G. Vliyanie garmonicheskogo signala na spektr ogibayushchey pri prieme signalov s geterodinirovaniem [Influence of the Harmonic Wave on the Spectrum of the Envelope when Receiving Signals from Heterodyning]. *Pervyy mezhrespublikanskiy simpozium «Optika atmosfery i okeana» (iyun', 1994 g., Tomsk)* [Proceedings of the First Interrepublican Symposium «Optics of the Atmosphere and Ocean» (June, 1994, Tomsk)]. Tomsk: IAO SB RAS, 1994. Pp. 206-207.
12. Ilyin A.G. Osobennosti prokhozheniya belogo shuma cherez nelineyny kontur s emkost'yu p-n-perekhoda [Features of White Noise Passing through a Nonlinear Circuit with the Capacity of p-n Junction]. *Desyatyy mezhdunarodnyy simpozium «Optika atmosfery i okeana» (iyun', 2004g., Tomsk)* [The Proceedings of the Tenth International Symposium «Atmosphere and Ocean Optics» (June, 2004, Tomsk)]. Tomsk: IAO SB RAS, 2003.
13. Ilyin A.G., Ilyin G. I. Lineynoe amplitudnoe detektirovanie uzkopolosnogo shuma [Linear Amplitude Detection of Narrowband Noise]. *Trinadtsataya mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Radiolokatsiya, navigatsiya, svyaz'» (apr., 2007, Voronezh)* [Proceedings of the Thirteenth International Scientific and Technical Conference «Radio-location, Navigation, Communication» (April, 2007, Voronezh)]. Voronezh: OAO «Kontsern «Sozvezdie», 2007. Vol. 1. Pp. 139-143.
14. Ilyin, A.G. Uzkopolosnye shumy na vykhode optimal'nogo lineynogo fil'tra [Narrowband Noise at the Output of the Optimal Linear Filter]. *Pyataya mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Fizika i tekhnicheskie prilozheniya volnovykh protsessov» (sent., 2006 g., Samara)* [Proceedings of the Fifth International Scientific and Technical Conference «Physics and Engineering Applications of Wave Processes» (Sept., 2006, Samara)]. Samara: SSAU, 2006. Pp. 54-55.
15. Ilyin A.G. *Povyshenie pomekhoustoychivosti i propusknoy sposobnosti radiotekhnicheskikh i optoelektronnykh sistem na baze amplitudno-fazovogo preobrazovaniya signala i shumov* [Increase of Noise Immunity and Capacity of Radio Technical and Optoelectronic Systems based on Amplitude-phase Conversion of a Signal and Noise]. Kazan: Izd-vo Kazan. gos. tekhn. un-ta, 2005. 192 p.
16. Ilyin G. I., Morozov O. G. Sposob preobrazovaniya odnochastotnogo kogerentnogo izlucheniya v dvukhchastotnoe [Method of Transformation of One-frequency Coherent Radiation into Two-frequency]. Patent RF, no 1338647, 2004.
17. Ilyin, G.I., Morozov O.G., Pol'skiy Yu. E., Ternovskov V.T. Dvukhchastotnyy lazernyy izluchatel' [Two-frequency Laser Oscillator]. Patent RF, no 1463010, 2004.
18. Ilyin G.I., Morozov O.G., Pol'skiy Yu.E. Dvukhchastotnyy lazernyy izluchatel' [Two-frequency Laser Oscillator]. Patent RF, no 1466494, 2004.
19. Ilyin G.I., Morozov O.G., Pol'skiy Yu. E. Dvukhchastotnyy lazernyy izluchatel' [Two-frequency Laser Oscillator]. Patent RF, no 1477130, 2004.
20. Ilyin, G.I. Morozov O. G., Pol'skiy Yu. E. LCHM-lidar s preobrazovaniem chastoty [LFM-lidar with Frequency Conversion]. *Optika atmosfery i okeana* [Optics of the Atmosphere and Ocean]. 1995. Vol. 8, № 12. Pp. 1871-1874.
21. Ilyin G.I. Morozov O. G., Pol'skiy Yu. E. Issledovaniya LCHM-lidara s preobrazovaniem chastoty [Investigations of LFM-lidar with Frequency Conversion]. *Optika atmosfery i okeana* [Optics of the Atmosphere and Ocean]. 1997. Vol. 10, № 2. Pp. 435-440.
22. Ilyin G. I., Morozov O. G., Pol'skiy Yu. E. Osobennosti postroeniya elektroopticheskikh amplitudno-fazovykh formirovateley dvukhchastotnogo lazernogo izlucheniya dlya differentsial'nykh LCHM-signalov [Aspects of the Construction of Electrooptical Amplitude-phase Generators of Two-frequency Laser Radiation for Differential LFM-lidars]. *Optika atmosfery i okeana* [Optics of the Atmosphere and Ocean]. 1998. Vol. 11, № 5. Pp. 513-516.
23. Ilyin G.I., Morozov O. G., Pol'skiy Yu. E. Primenenie amplitudno-fazovogo preobrazovaniya chastoty lazernogo izlucheniya dlya sozdaniya spetsial'nykh skhem CHM-lidarov [Application of Amplitude-phase Conversion of Laser Radiation Frequency for the Construction of Specialized Frequency-modulation Lidar Circuits]. *Optika atmosfery i okeana* [Optics of the Atmosphere and Ocean]. 1999. Vol. 12, № 4. Pp. 360-363.
24. Gonorovskiy I. S. *Radiotekhnicheskie tsepi i signaly* [Radio Technical Circuitry and Signals]. Moscow: Sovetskoe radio, 1966. 431 p.
25. Baskakov S.I. *Radiotekhnicheskie tsepi i signaly* [Radio Technical Circuitry and Signals]. Moscow: Vysshaya shkola, 1983. 536 p.

26. Tihonov V.I. *Statisticheskaya radiotekhnika* [Statistical Radio Engineering]. Moscow: Radio i svyaz', 1982. 624 p.
27. Krauford F. *Berklevskiy kurs fiziki. Tom III. Volny* [Berkley Physics Course. Volume III. Waves]. Moscow: Nauka, 1976. 527 p.
28. Levin B.R. *Teoreticheskie osnovy statisticheskoy radiotekhniki. V 3 tomakh. T. 1* [Theory of Statistical Radio Engineering. 3 Volumes. Vol. 1]. Moscow: Sovetskoe radio, 1969. 752 p.
29. Middleton D. *Vvedenie v statisticheskuyu teoriyu svyazi. V 2 tomakh. T. 2* [Introduction to Statistical Theory of Radio Communication. 2 Volumes. Vol. 2]. Moscow: Sovetskoe radio, 1962. 860 p.
30. Golubev V. N., Zimoglyad V.G. Otsenka pomekhozashchishchennosti glavnogo trakta radiopriemnika na osnove ispol'zovaniya funktsii raspredeleniya veroyatnostey urovney odinochnykh pomekh [Estimation of the Interference Immunity of the Radio Receiver Main Path Based on the Distribution Function of Single Noise Level Probabilities]. *Radiotekhnika* [Radio Engineering]. 1986. № 10. Pp. 2205-2208.
31. Devinport V. B., Rutt V. L. *Vvedenie v teoriyu sluchaynykh signalov i shumov* [Introduction to the Theory of Random Signals and Noise]. Moscow: Inostrannaya literatura, 1960. 468 p.
32. Stratonovich R.L. *Izbrannye voprosy teorii fluktuatsiy v radiotekhnike* [Selected Problems of Fluctuation Theory in Radio Engineering]. Moscow: Sovetskoe radio, 1961. 558 p.
33. Rice S.O. Statistical properties of a sine wave plus random noise. *Bell System Technical Journal*. 1948. Vol. 27. No 1. Pp. 109-157.
34. Gutkin L. S. *Preobrazovanie sverkhvysokikh chastot i detektirovanie* [Microwave Frequency Transformation and Detection]. Moscow: Gosenergoizdat, 1953. 415 p.
35. Gutkin L.S., Lebedev V.L., Siforov V.I. *Radiopriemnye ustroystva. V 2 t. T. 1* [Radio Receivers 2 volumes. Vol. 1]. Moscow: Gosenergoizdat, 1961. 704 p.
36. Buga N.N., Falko A. I., Chistyakov N. I. *Radiopriemnye ustroystva* [Radio Receivers]. Moscow: Radio i svyaz', 1986. 320 p.
37. Palshkov V.V. *Radiopriemnye ustroystva* [Radio Receivers]. Moscow: Radio i svyaz', 1984. 392 p.
38. Rubtsov V. D., Zaitsev A. N. Opredelenie veroyatnostnykh kharakteristik pomekhi i ee smesi s uzkopolosnym signalom po eksperimental'nym dannym [Determination of the Probabilistic Characteristics of Noise and its Mixture with a Narrow-band Signal from Experimental Data]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 1985. Issue 9. Pp. 1742-1748.
39. Rubtsov V.D., Koptsev A. L. O raspredelenii ogibayushchey smesi signala i pomekhi [About the Distribution of the Envelope of Signal and Noise Mixture]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 1988. Issue 5. Pp. 1081-1084.
40. Groznetsky B.N., A. L. Shteiberg. Dvukhmernaya plotnost' veroyatnosti proizvol'noy fazy uzkopolosnogo statsionarnogo normal'nogo shuma [Two-dimensional Density of the Probability of the Arbitrary Phase of Narrowband Stationary Normal Noise]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 1988. Issue 10. Pp. 2205-2208.
41. Koptsev A. A., V. D. Rubtsov. O raspredelenii fazy smesi signala i pomekhi [About the Distribution of the Signal and Noise Mixture Phase]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 1989. Issue 8. Pp. 1774-1776.
42. Makarov S. B., Tsikin I. A. Energeticheskie spektry sluchaynykh posledovatel'nostey signalov s plavnym izmeneniyem ogibayushchey fazy [Energy Spectra of Random Sequences of Signals with the Smooth Variation of the Envelope and Phase]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 1990. Issue 4. Pp. 793-800.
43. Groznetskiy B. N., Shteinberg A. L., Kulikovskiy K. A. Matematicheskoe ozhidanie modulya proizvodnoy fazy summy modulirovannogo signala i gaussovskogo shuma [Mathematical Expectation of Derivative Phase Module of the Sum of a Modulated Signal and Gaussian Noise]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 1990. Issue 12. Pp. 2633-2637.
44. Blatov V. V. Raspredelenie veroyatnostey mgnovennoy chastoty summy signala i uzkopolosnogo shuma [Distribution of Probabilities of Instantaneous Frequency of the Signal and Narrowband Noise Sum]. *Radiotekhnika* [Radio Engineering]. 1986. № 2. Pp. 51-55.
45. Blatov V. V. Izmerenie otnosheniya signal/shum po plotnosti veroyatnosti mgnovennoy chastoty [Measurement of the Signal-to-noise Ratio by the Density of Instantaneous Frequency Probability]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 1987. Issue 2. Pp. 444-446.
46. Danilov V. A. Veroyatnostnoye modelirovanie statsionarnykh sluchaynykh protsessov s primeneniye kvazideterminirovannogo garmonicheskogo kolebaniya [Probabilistic Modeling of Stationary Random Processes with the Application of Quasi-deterministic Harmonic Oscillation]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 1991. Issue 1. Pp. 270-278.
47. Lerner I. M., Ilyin G. I. Fazomanipulirovanny signal s ispol'zovaniye amplitudno-modulirovannoy ogibayushchey dlya peredachi chastoty taktirovaniya [A Phase-shift Keyed Signal Using the Amplitude-modulated Envelope for the Transmission of Clock Frequency]. *Nelineynyy mir* [Nonlinear world]. 2010. Vol. 8, № 5. Pp. 321-325.
48. Lerner I. M. Formirovanie fazomanipulirovannogo signala s pomoshch'yu perekhodnykh protsessov pri skachkoobraznom izmenenii fazy na

vkhode kolebatel'nogo kontura [Formation of a Phase-shift Keyed Signal Using Transient Processes During the Discontinuous Variation of the Phase at the Input of the Oscillation Circuit]. *Nelineyny mir* [Nonlinear world]. 2010. Vol. 8, № 6. Pp. 391-398.

49. Lerner I.M., Ilyin G. I. Perekhodnye protsessy v kolebatel'nom konture pri skachkoobraznom izmenenii fazy [Transient Processes in an Oscillation Circuit During Discontinuous Phase Variations]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 2010. Vol. 55, № 12. Pp. 1482-1487.

50. Lerner I.M., Ilyin G. I., Chernyavskiy S. M. Perekhodnye protsessy v polosovom fil'tre pri skachkoobraznykh izmeneniyakh fazy [Transient Processes in a Band-pass Filter during Discontinuous Phase Variations]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 2011. Vol. 56, № 3. Pp. 346-351.

51. Lerner I. M., Ilyin G. I. Issledovanie stabil'nosti simvol'noy chastoty fazomanipulirovannogo signala, sformirovannogo s pomoshch'yu perekhnogo protsesssa [Investigation of Symbol Frequency Stability of a Phase-shift Keyed Signal, Formed by Means of the Transient Process]. *Nelineyny mir* [Nonlinear world]. 2011. Vol. 9, № 11. Pp. 763-770.

52. Lerner I. M., Ilyin G. I. Analiz perekhnogo protsesssa, vyzvannogo skachkom amplitudy i fazy radioimpul'sa na vkhode uzkopolosnoy lineinoy sistemy [The Analysis of the Transient Process Caused by a Jump in the Amplitude and Phase of Radio Pulse at the Input of the Narrowband Linear System]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 2012. Vol. 57, № 2. Pp. 192-206.

53. Morozov O.G., T. S. Sadeev. Spektral'nye kharakteristiki fotonnykh fil'trov mikrovolnovykh signalov na osnove amplitudnykh elektroopticheskikh modulyatorov [The Spectral Characteristics of Photon Filters of Microwave Signals Based on Amplitude Electro-optic Modulators]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication systems]. 2010. № 3 (10). Pp. 22-30.

54. Aibatov D. L., Morozov O. G., Sadeev T. S. Preobrazovanie spektraopticheskogo izlucheniya v dvukhkanal'nom modulyatore Makha-Tsendera i ROF-fil'tr na ego osnove [Transformation of the Optical Radiation Spectrum in Dual-link Mach-Zehnder

Modulator and a ROF-filter on its Basis]. *Nelineyny mir* [Nonlinear world]. 2010. Vol. 8, № 5. Pp. 302-309.

55. Morozov O. G., Morozov G. A., Talipov A. A., Kupriyanov V. G. Opredelenie kharakteristik spektra usileniya Mandel'shtama-Brillyuena s pomoshch'yu dvukhchastotnogo zondiruyushchego izlucheniya [Determination of Mandelshtam-Brilluen Amplification Spectrum Characteristics Using Two-frequency Probe Radiation]. *Fizika volnovykh protsessov i radiotekhnicheskie sistemy* [Physics of Wave Processes and Radio Engineering Systems]. 2012. Vol. 15, № 3. Pp. 95-100.

56. Talipov A.A., Morozov O. G., Ilyin G. I. at et. Metod formirovaniya dvukhchastotnogo izlucheniya dlya sinteza solitonov i primeneniya spektral'no-effektivnoy modulyatsii RZ i CSRZ formatov v opticheskikh setyakh dostupa [Two-frequency Radiation Formation Method for Soliton Synthesis and the Application of Spectral Efficient Modulation of RZ and CSRZ Formats in Optical Access Networks]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2012. № 2(16). Pp. 3-12.

57. Morozov O.G. Nurgazizov M. R., Talipov A. A., Vasilets A. A., Denisenko P. E. Izmerenie mgnovennoy chastoty SVCH-radiosignalov v opticheskoy diapazone na osnove preobrazovaniya «chastota-amplituda» v volokonnoy reshetke Bregga s fazovym p-sdvigom [Measurement of the Instantaneous Frequency of Microwave Radio Signals in the Optical Range based on "Frequency-amplitude" Transformation in the Fiber Bragg Grating with a Phase p-shift]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2013. № 3(13). Pp. 30-41.

58. Morozov, O.G. Ilyin G. I. Amplitudno-fazovaya modulyatsiya v sistemakh radiofotoniki [Amplitude-phase Modulation in Microwave Photonics systems]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2014. № 1(20). Pp. 6-42.

The article was received 23.06.14.

Citation for an article: Ilyin G. I., Ilyin A. G., Morozov O. G. To the theory of quasi-harmonic oscillations. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2014. No 3 (22). Pp. 6-33.

Information about the authors

ILYIN German Ivanovich – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of the Chair of Radio-Electronic and Quantum Devices at Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-KAI. The sphere of scientific interests is laser and radio engineering systems, the theory of potential noise immunity. The author of more than 150 publications. E-mail: reku@kai.ru

ILYIN Alexander Germanovich – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair of Radio-Electronic and Quantum Devices at Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-KAI. The sphere of scientific interests is laser and radio engineering systems, the theory of potential noise immunity. The author of more than 50 publications. E-mail: reku@kai.ru

MOROZOV Oleg Gennadyevich – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Head of the Chair of Radio Photonics and Microwave Technologies, the Head of Scientific-Research Institute of Applied Electrodynamics, Photonics and Living Systems at Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI. The sphere of scientific interests is information-measuring and telecommunication systems of optical and microwave ranges. The author of more than 150 publications. E-mail: microoil@mail.ru

УДК 621.391.83

МОДЕЛЬ ИОНОСФЕРНОГО ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАДИОКАНАЛА ДЛЯ РАСЧЁТА ЭФФЕКТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СИГНАЛЫ АМПЛИТУДНОЙ И ВТОРОГО ПОРЯДКА ФАЗОВОЙ ДИСПЕРСИИ

В. А. Иванов, Д. В. Иванов, Н. В. Рябова, М. И. Рябова, А. А. Чернов

Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: IvanovVA@volgatech.net

Получена модель радиоканала с амплитудной и фазовой дисперсией, а также алгоритм МРQ-приближения для расчёта фазовой дисперсии второго порядка. Показано, что при скачкообразной смене парциального радиоканала из-за частотной фазовой дисперсии второго порядка возникает скачок фазовой задержки. Получены формулы: для оценки скачка задержки, для расчёта искажения гауссова ЛЧМ-импульса при различных значениях параметра фазовой дисперсии второго порядка. Установлены соотношения между параметрами ЛЧМ-сигнала, согласованного с радиоканалом, и параметрами дисперсии второго порядка.

Ключевые слова: дисперсия; ЛЧМ-сигнал; дрожание фазы; зондирование; радиоканал; МРQ-приближение.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ: проекты № 13-07-00371-а; 13-02-00524-а; 13-07-97041; госзадания Минобрнауки РФ № 3.2695.2014/К, № 8.2697.2014/К.

Список литературы

1. Иванов, В.А. Особенности характеристик высокочастотных ионосферных радиолиний квазизенитного распространения / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, М.И. Рябова, Е.В. Тимофеев // *Электросвязь*. – 2013. – № 5. – С. 45-48.
2. Куркин, В.И. Циклические и сезонные вариации ионосферных эффектов геомагнитных бурь / В.И. Куркин, О.М. Пирог, Н.М. Полех // *Геомагнетизм и аэрономия*. – 2004. – Т. 44, № 5. – С. 634-642.
3. Иванов, В.А. Многомерный высокочастотный радиоканал и экспериментальные исследования его основных характеристик / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, А.А. Чернов // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2013. – Т. 18, № 8. – С. 40-48.
4. Иванов, В.А. Исследование факторов, приводящих к искажению высокочастотных сигналов с расширенным спектром при их квазизенитном распространении в ионосфере / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, М.И. Рябова // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2011. – Т. 16, № 8. – С. 33-39.
5. Иванов, Д.В. Искажения в ионосфере декаметровых сигналов с псевдослучайной рабочей частотой / Д.В. Иванов // *Радиотехника и электроника*. – 2006. – Т. 51, № 7. – С. 807-815.
6. Крюковский, А.С. Теория расчета эталонных фокальных и дифракционных электромагнитных полей на основе специальных функций волновых катастроф / А.С. Крюковский, Д.С. Лукин // *Радиотехника и электроника*. – 2003. – Т. 48, № 8. – С. 912-921.
7. Иванов, В.А. Канальные параметры рассеяния для среднеширотной ионосферы / В.А. Иванов, Е.В. Катков, М.И. Рябова, А.А. Чернов // *Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы*. – 2011. – № 3 (13). – С. 93-101.
8. Иванов, В.А. Искажение сложных декаметровых радиосигналов в дисперсных ионосферных радиоканалах при квазизенитном распространении / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, М.И. Рябова, Н.А. Сорокин // *Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы*. – 2010. – № 1 (8). – С. 43-53.
9. Иванов, Д.В. Исследования коррекции дисперсионных искажений, возникающих в ионосферных радиоканалах с полосой 1 МГц / Д.В. Иванов, В.А. Иванов, М.И. Рябова, А.Р. Лашевский // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2008. – Т. 13, № 8. – С. 58-66.
10. Иванов, В.А. Определение основных параметров многомерного коротковолнового радиоканала с использованием панорамного ионозонда / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова и др. // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы*. – 2011. – № 2 (12). – С. 15-23.
11. Kryukovsky, A.S. Uniform asymptotics for evaluating oscillatory edge integrals by methods of catas-

trophe theory / A.S. Kryukovsky, D.S. Lukin, E.A. Palkin // Soviet Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modeling. – 1987. – Vol. 2, № 4. – Pp. 279-312.

12. *Иванов, В.А.* Адаптивное обнаружение и выделение широкополосного сигнала с линейной частотной модуляцией при сжатии его в частотной области / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, А.В. Мальцев // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2009. – Т. 14, № 8. – С. 34-45.

13. *Иванов, В.А.* Исследование регулярной и стохастической дисперсии в ионосферных широкополосных высокочастотных радиоканалах / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, М.И. Рябова, Н.Н. Михеева // Нелинейный мир. – 2012. – Т. 10, № 10. – С. 678-686.

14. *Иванов, В.А.* Диагностика функции рассеяния декаметровых узкополосных стохастических радиоканалов / В.А. Иванов, Н.В. Рябова, И.Е. Царев // Радиотехника и электроника. – 2010. – Т. 55, № 3. – С. 285-291.

15. *Крюковский, А.С.* Равномерные асимптотики и угловые катастрофы / А.С. Крюковский, Д.С. Лукин, Е.А. Палкин // Доклады Академии наук. – 1995. – Т. 341, № 4. – С. 456-459.

16. *Дронов, И.Ф.* Табулирование дифракционных интегралов / И.Ф. Дронов, Е.Б. Ипатов, Д.С. Лукин, Е.А. Палкин // Распространение радиоволн в ионосфере. – М.: ИЗМИРАН СССР, 1978. – С. 57-63.

17. *Крюковский, А.С.* Применение теории краевых катастроф для построения равномерных асимптотик быстроосциллирующих интегралов / А.С. Крюковский, Д.С. Лукин, Е.А. Палкин // Дифракция и распространение волн. – М.: МФТИ, 1985. – С. 4-21.

18. *Иванов, В.А.* Численные и полунатурные исследования функции рассеяния узкополосных декаметровых радиоканалов / В.А. Иванов,

Д.В. Иванов, Н.В. Рябова, И.Е. Царев // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2009. – Т. 14, № 8. – С. 46-54.

19. *Иванов, В.А.* Исследование факторов, приводящих к искажению высокочастотных сигналов с расширенным спектром при их квазизенитном распространении в ионосфере / В.А. Иванов, Д.В. Иванов, М.И. Рябова // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2011. – Т. 16, № 8. – С. 33-39.

20. *Кук, Ч.* Радиолокационные сигналы / Ч. Кук, М. Бернфельд. – М.: Советское радио, 1971. – 568 с.

21. *Гинзбург, В.Л.* Распространение электромагнитных волн в плазме / В.Л. Гинзбург. – М.: Наука, 1967. – 276 с.

22. *Иванов, В.А.* Влияние геомагнитных возмущений на полное электронное содержание ионосферы / В.А. Иванов, А.Ю. Желонкин, Н.В. Рябова, А.В. Зуев // Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 1 (11). – С. 24-30.

23. *Варакин, Л.Т.* Теория сложных сигналов / Л.Т. Варакин. – М.: Советское радио, 1970. – 376 с.

24. *Ильин, Н.В.* Моделирование характеристик ЛЧМ-сигналов при наклонном зондировании ионосферы / Н.В. Ильин, В.И. Куркин, В.Е. Носов, И.И. Орлов и др. // Солнечно-земная физика. – 1995. – № 103. – С. 149-157.

25. *Вакман, Д.Е.* Сложные сигналы и принцип неопределенности в радиолокации / Д.Е. Вакман. – М.: Советское радио, 1965. – 304 с.

26. *Гоноровский, И.С.* Радиотехнические цепи и сигналы / И.С. Гоноровский. – М.: Радио и связь, 1986. – 512 с.

Статья поступила в редакцию 20.08.14.

Ссылка на статью: Иванов В.А., Иванов Д.В., Рябова Н.В., Рябова М.И., Чернов А.А. Модель ионосферного высокочастотного радиоканала для расчёта эффектов воздействия на сигналы амплитудной и второго порядка фазовой дисперсии // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 3 (22). – С. 34-48.

Информация об авторах

ИВАНОВ Владимир Алексеевич – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой высшей математики, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – ионосфера, распространение радиоволн, моделирование, широкополосные сигналы. Автор более 250 публикаций. E-mail: IvanovVA@volgatech.net

ИВАНОВ Дмитрий Владимирович – доктор физико-математических наук, профессор, проректор по научной работе и инновационной деятельности, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – моделирование технических систем, широкополосные сигналы, распространение радиоволн. Автор более 100 публикаций. E-mail: IvanovDV@volgatech.net

РЯБОВА Наталья Владимировна – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой радиотехники и связи, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – информационно-телекоммуникационные системы, ионосфера, распространение радиоволн, прогнозирование, моделирование, адаптивные системы. Автор более 130 публикаций. E-mail: RyabovaNV@volgatech.net

РЯБОВА Мария Игоревна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – моделирование технических систем, распространение радиоволн. Автор более 50 публикаций. E-mail: RyabovaMI@volgatech.net

ЧЕРНОВ Андрей Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехники и связи, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – синхронизация систем ВЧ-связи и зондирования ионосферы, программно-определяемые радиосистемы. Автор более 25 публикаций. E-mail: ChernovAS@volgatech.net

IONOSPHERIC HIGH-FREQUENCY RADIO CHANNEL MODEL FOR THE CALCULATION OF INFLUENCE EFFECTS OF AMPLITUDE AND PHASE DISPERSION OF THE SECOND ORDER ON SIGNALS

V. A. Ivanov, D. V. Ivanov, N. V. Ryabova, M. I. Ryabova, A. A. Chernov

Volga State University of Technology,
3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: IvanovVA@volgatech.net

Key words: dispersion; LFM-signal; phase jitter; sensing; radio channel; MQP-approximation.

ABSTRACT

Introduction. Radio communication in a short-wave band by means of the reflection of the Earth's ionosphere has some advantages, but at the same time it has drawbacks, connected with insufficiently high signal-to-noise ratio and signal fading: slow deep signal fading is for middle - latitude communication lines and fast signal fading is for low-latitude and high-latitude communication lines. Moreover, for modern systems of short-wave communication, fading in a radio channel is often frequency-selective. However, short-wave communication is developing. The achievement of the recent few years is the considerable increase in the information transmission rate with high reliability. One of the directions of further development of short-wave communication is the considerable (up to 0,5 – 1 MHz) expansion of a transmitted signal band, that allows increasing transmission velocity, signal-to-noise ratio and confidentiality. The main obstacle to it is the effect of the frequency dispersion of ionospheric plasma, expressing in different phase velocity of the propagation of spectral components of a wideband signal and leading to dispersive distortions of its envelope. For the development of this direction, it's necessary to improve radio channel models, carry out research, including the research into distortion characteristics by means of modeling. The problems of parameters of a LFM-signal, matched to the radio channel are very important. For this signal, the medium plays the role of the delay line, efficiently compressing it and the estimation of phase delay jumps at fast channel change. The **purpose** of the work is the construction of a dispersive ionospheric channel model and the research on the influence of phase dispersion of the second order on phase delay jumps at fast channel change and on the parameters of the pulse LFM-signal with rectangular and Gaussian envelopes, matched to it. **Research objectives:** to develop an ionospheric short-wave radio channel model, considering frequency dispersion; to find out the connection between channel dispersion parameters and propagation medium characteristics; to investigate the frequency dispersion of the second order at discontinuous channel change; to investigate dispersive distortions of Gaussian and rectangular LFM pulse envelopes; to investigate dispersive distortions of a Gaussian LFM-pulse, compressed in time domain, in the receiver. **Results.** The model of a radio channel with frequency, amplitude and phase dispersion of the second order was developed. The algorithm of the use of MPQ-approximation for calculating the phase dispersion of radio channel characteristic and the key parameter of the dispersion of the second order is presented. The research, based on this model, showed that because of the effect of the phase dispersion of the second order: discontinuity of signal phase delay appears at discontinuous change of a partial radio channel; there's an opportunity of the synthesis of a LFM-signal, matched to the channel. Formulas for calculating Gaussian LFM-pulse distortion at different values of the parameter of the phase dispersion of the second order are received. It is shown that, because of signal compression in the receiver, its distortion degree can increase.

The work was carried out with the financial support from RFBR: projects № 13-07-00371-a; 13-02-00524-a; 13-07-97041; state order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation № 3.2695.2014/K, № 8.2697.2014/K.

REFERENCES

1. Ivanov V.A., Ivanov D.V., Ryabova M.I., Timofeev E.V. Osobennosti kharakteristik vysokochastotnykh ionosfernykh radiolinii kvazizenitnogo rasprostraneniya [Singularities of the Characteristics of High-Frequency Ionospheric Radio Lines of Quasi-Zenithal Propagation]. *Elektrosvyaz'* [Electrical Communication]. 2013. № 5. Pp. 45-48.

2. Kurkin V. I., Pirog O. M., Polekh N. M. Tsiklicheskie i sezonnyye variatsii ionosfernykh effektiv geomagnitnykh bur' [Cyclic and Season Variations of Ionospheric Effects of Geomagnetic Storms] *Geomagnetizm i aeronomiya* [Geomagnetism and aeronomy]. 2004. Vol. 44, №5. Pp. 634-642.
3. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V., Chernov A. A. Mnogomernyy vysokochastotnyy radiokanal i eksperimental'nye issledovaniya ego osnovnykh kharakteristik [Multidimensional High-frequency Radio Channel and Experimental Research on its Major Characteristics]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2013. Vol. 18, № 8. Pp. 40-48.
4. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova M. I. Issledovanie faktorov, privodyashchikh k iskazheniyu vysokochastotnykh signalov s rasshirennym spektrom pri ikh kvazizenitnom rasprostraneni v ionosfere [The Research on the Factors Leading to the Distortion of High-frequency Spread-spectrum Signals during their Quasizimuthal Propagation in the Ionosphere]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2011. Vol. 16, № 8. Pp. 33-39.
5. Ivanov D. V. Iskazheniya v ionosphere dekametrovykh signalov s psevdosluchainoy rabochey chistoty [Distortions of Decameter Signals with Pseudorandom Operating Frequency in the Ionosphere]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and Electronics]. 2006. Vol. 51, № 7. Pp. 807-815.
6. Kryukovsky A. S., Lukin D. S. Teoriya rascheta etalonnykh fokal'nykh i difraktsionnykh elektromagnitnykh poley na osnove spetsial'nykh funktsiy volnovykh katastrof [Theory of Calculation of Reference Focal and Diffraction Electromagnetic Fields on the Basis of Special Functions of Wave Catastrophes]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and electronics]. 2003. Vol. 48, № 8. Pp. 912-921.
7. Ivanov V. A., Katkov E. V., Ryabova M. I., Chernov A. A. Kanalnye parametry rasseyaniya dlya sredneshirotnoy ionosfery [Channel Dispersion Parameters for the Middle-latitude Ionosphere]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 3(13). Pp. 93-101.
8. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova M. I., Sorokin N. A. Iskazhenie slozhnykh dekametrovykh radiosignalov v dispersnykh ionosfernykh radiokanalakh pri kvazizenitnom rasprostraneni [The Distortion of Complex Decameter Radio Signals in Dispersive Ionospheric Radio Channels During their Quasizimuthal Propagation]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2010. № 1(8). Pp. 43-53.
9. Ivanov D. V., Ryabova M. I., Lashchovsky A. R. Issledovaniya korrektsii dispersionnykh iskazheniy, voznikayushchikh v ionosfernykh radiokanalakh s polosoi 1 MGts [Investigations of the Correction of Dispersive Distortions Occurring in Ionospheric Radio Channels with a Band 1 MHz]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic Waves and electronic systems]. 2008. Vol. 13, № 8. Pp. 58-66.
10. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V. et al. Opredelenie osnovnykh parametrov mnogomernogo korotkovolnovogo radiokanala s ispol'zovaniem panoramnogo ionozonda [Determination of Basic Parameters of Multidimensional Short-Wave Radio Channel Using Panoramic Ionosonde]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 2 (12). Pp. 15-23.
11. Kryukovsky A. S., Lukin D. S., Palkin E. A. Uniform asymptotics for evaluating oscillatory edge integrals by methods of catastrophe theory. *Soviet Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modeling*. 1987. Vol. 2, № 4. Pp. 279-312.
12. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V., Maltsev A. V. Adaptivnoe obnaruzhenie i vydelenie shirokopolosnogo signala s lineinoy chastotnoy modulyatsiy pri szhatii ego v chastotnoy oblasti [Adaptive Detection and the Extraction of a Broadband Signal with Linear Frequency Modulation During its Compression in Frequency Domain]. *Elektromagnitnye volny i elektronnye sistemy* [Electromagnetic waves and electronic systems]. 2009. Vol. 14, № 8. Pp. 34-45.
13. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova M. I., Mikheeva N. N. Issledovanie regul'yarnoy i stokhasticheskoy dispersii v ionosfernykh shirokopolosnykh vysokochastotnykh radiokanalakh [Research on Regular and Stochastic Dispersion in Ionospheric Broadband High-frequency Radio Channels]. *Nelineyny mir* [Nonlinear world]. 2012. Vol. 10, № 10. Pp. 678-686.
14. Ivanov V. A., Ryabova N. V., Tsarev I. E. Diagnostika funktsii rasseyaniya dekametrovykh uzakopolosnykh stokhasticheskikh radiokanalov [Diagnostics of Scattering Function of Decameter Narrowband Stochastic Radio Channels]. *Radiotekhnika i elektronika* [Radio Engineering and electronics]. 2009. Vol. 55, № 3. Pp. 285-291.
15. Kryukovsky A. S., Lukin D. S., Palkin E. A. Ravnomernye asimptotiki i uglovye katastrofy [Uniform Asymptotics and Angular Catastrophes]. *Doklady Akademii nauk* [Proceedings of the Academy of Sciences]. 1995. Vol. 341, № 4. Pp. 456-459.
16. Dronov I. F., Ipatov E. B., Lukin D. S., Palkin E. A. Tabulirovanie difraktsionnykh integralov [Tabulation of Diffraction Integrals]. *Rasprostranenie radiovoln v ionosfere* [Radio wave propagation in the ionosphere]. Moscow: IZMIR AN SSSR, 1978. Pp. 57-63.
17. Kryukovsky A. S., Lukin D. S., Palkin E. A. Primenenie teorii kraevykh katastrof dlya postroeniya ravnomernykh asimptotik bystroostilliruyushchikh integralov [Application of the Theory of Edge Catastrophes]

trophes for the Construction of Uniform Asymptotics of Fast Oscillating Integrals]. *Difraktsiya i rasprostraneniye voln* [Diffraction and wave propagation]. Moscow: MFTI. 1985. Pp. 4-21.

18. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V., Tsarev I. E. Chislennyye i polunaturnyye issledovaniya funktsii rasseyaniya uzkopolosnykh dekametrovykh radiosignalov [Numerical and Seminatural Investigations of Narrowband Decameter Radio Signal Scattering Function]. *Elektromagnitnyye volny i elektronnyye sistemy* [Electromagnetic waves and electronic systems]. 2009. Vol. 14, № 8. Pp. 46-54.

19. Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova M. I. Issledovanie faktorov, privodyashchikh k iskazheniyu vysokochastotnykh signalov s rasshirennym spektrom pri ikh kvazizenitnom rasprostraneni v ionosfere [The Research on the Factors Leading to the Distortion of High-frequency Spread-spectrum Signals during their Quasi-zenithal Propagation in the Ionosphere]. *Elektromagnitnyye volny i elektronnyye sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems]. 2011. Vol. 16, № 8. Pp.33-39.

20. Kuk Ch., Bernfeld M. *Radiolokatsionnyye signaly* [Radiolocation Signals]. Moscow: Sovetskoe radio, 1971. 568 p.

21. Ginzburg V. L. *Rasprostraneniye elektromagnitnykh voln v plazme* [Electromagnetic Wave Propagation in Plasma]. Moscow: Nauka, 1967. 276 p.

22. Ivanov V.A., Zhelonkin A. Ju., Ryabova N.V., Zuev A.V. Vliyaniye geomagnitnykh vozmushcheniy na polnoe elektronnoye sodержание ionosfery [Influence of Geomagnetic Perturbation on Total Electron Content of the Ionosphere]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnyye sistemy* [Vestnik of Mari State Technical University. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2011. № 1 (11). Pp. 24-30.

23. Varakin, L.T. *Teoriya slozhnykh signalov* [Theory of Complex Signals]. Moscow: Sovetskoe radio, 1970, 376 p.

24. Ilyin N. V., Kurkin V. I., Nosov V. E. et al. Modelirovaniye kharakteristik LCHM-signalov pri naklonnom zondirovani i ionosfery [Modeling of LFM-signal Characteristics During Oblique Ionospheric Sounding]. *Solnechno-zemnaya fizika* [Solar-Terrestrial Physics]. 1995. № 103. Pp. 149-157.

25. Vakman D. E. *Slozhnyye signaly i printsip neopredelennosti v radiolokatsii* [Complex Signals and Indeterminacy Principle in Radiolocation]. Moscow: Sovetskoe radio, 1965. 304 p.

26. Gonorovsky, I. S. *Radiotekhnicheskie tsepi i signaly* [Radio Engineering Circuits and Signals]. Moscow: Radio i svyaz', 1986. 512 p.

The article was received 20.08.14.

Citation for an article: Ivanov V. A., Ivanov D. V., Ryabova N. V., Ryabova M. I., Chernov A. A. Ionospheric high-frequency radio channel model for the calculation of influence effects of amplitude and phase dispersion of the second order on signals. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2014. No 3 (22). Pp. 34-48.

Information about the authors

IVANOV Vladimir Alekseevich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, the Head of the Chair of Higher Mathematics at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the ionosphere, the propagation of radio waves, modeling and broadband signals. The author of more than 250 publications. E-mail: IvanovVA@volgatech.net

IVANOV Dmitry Vladimirovich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Vice-Rector for Research and Innovation Activity at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the modeling of technical systems, wideband signals and the propagation of radio waves. The author of more than 100 publications. E-mail: IvanovDV@volgatech.net

RYABOVA Natalia Vladimirovna – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, the Head of the Chair of Radio Engineering and Communication at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is information and telecommunication systems, the ionosphere, the propagation of radio waves, forecasting, modeling, adaptive systems. The author of more than 130 publications. E-mail: RyabovaNV@volgatech.net

RYABOVA Maria Igorevna – Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor of the Chair of Higher Mathematics at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the modeling of technical systems, the propagation of radio waves. The author of more than 50 publications. E-mail: RyabovaMI@volgatech.net

CHERNOV Andrey Alekseevich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Radio Engineering and Communication at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is synchronization of HF communication systems and ionospheric sounding, software-defined radio systems. The author of more than 25 publications. E-mail: ChernovAS@volgatech.net

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА

УДК 629.01:004.8

МОДЕЛЬ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА В АСПЕКТЕ ОПТИМИЗАЦИИ РЕНТАБЕЛЬНОЙ ГЛУБОКОВОДНОЙ РАЗРАБОТКИ

С. Г. Черный, В. А. Доровской

Керченский государственный морской технологический университет,
Российская Федерация, 298300, Керчь, ул. Орджоникидзе, 82
E-mail: sergiiblack@gmail.com

Рассмотрены концептуальные проблемы организации рентабельной глубоководной разработки полезных ископаемых. Затронуты аспекты формирования и добычи полезных ископаемых на примере Республики Крым. Обоснована необходимость по разработке рентабельных, высокопроизводительных технологических методов, а также оборудования для промышленной добычи и подъёму в Мировом океане металлов стратегического значения. Уделено внимание по разработке программных комплексов для данных исследовательских отраслей. Выбран среднеквадратичный критерий оптимизации, в котором d , $\pi(d)$ – координаты отклонений реальных значений от эталонных и подчинены условию нормирования. Сформулирована теорема об оптимальном терминальном управлении технологическим процессом глубоководной разработки полезных ископаемых (ТП ГВДПИ) и представлены следствия. Получено и решено уравнение оптимизации следящего режима ТП ГВДПИ. Разработана имитационная модель в программном пакете MathLab.

Ключевые слова: оптимизация; критерий; целевая функция; управление.

Список литературы

1. Официальный сайт ГАО «Черноморнефтегаз» [Электронный ресурс] <http://www.blackseagas.com/> (Дата обращения: 05.06.2014).
2. Балабанов, И.Т. Финансовый анализ и планирование хозяйствующего субъекта: Монография / И.Т. Балабанов. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 300 с.
3. Батулин, А.Н. Моделирование экономических систем (целевой подход) / А.Н. Батулин, А. А. Тихомиров. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1987. – 86 с.
4. Балашов, Е.П. Эволюционный синтез систем: Монография / Е.П. Балашов. – М.: Радио и связь, 1985. – 328 с.
5. Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1987. – 400 с.

Статья поступила в редакцию 07.07.14.

Ссылка на статью: Черный С. Г., Доровской В. А. Модель концептуального анализа в аспекте оптимизации рентабельной глубоководной разработки // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 3 (22). – С. 49-56.

Информация об авторах

ЧЕРНЫЙ Сергей Григорьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства, Керченский государственный морской технологический университет. Область научных интересов – экспертные оценки. Автор 57 публикаций, в том числе четырёх патентов и пяти учебных пособий с грифом.

ДОРОВСКОЙ Владимир Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства, Керченский государственный морской технологический университет. Область научных интересов – методы диагностики сложных структур Автор 100 публикаций, пяти монографий. E-mail: dora1943@mail.ru.

MODEL OF A CONCEPTUAL ANALYSIS IN THE ASPECT OF PROFITABLE DEEP SEABED MINING OPTIMIZATION

S. G. Chernyy, V. A. Dorovskoy

Kerch State Marine Technological University,
82, Ordzhonikidze Street, Kerch, 298300, Russian Federation
E-mail: sergiiblack@gmail.com

Key words: optimization; criterion; objective function; control.

ABSTRACT

Introduction. On the Black Sea Shelf, five gas and three gas condensate fields were explored, as well as on the Azov Sea Shelf six gas fields were discovered. It became necessary to develop profitable highly productive technological methods, as well as to evaluate the equipment for metal mining of strategic importance in the World Ocean. **Purpose.** The problems of the optimization of the profitability of technological processes of deep seabed mining (TP DSBM) are considered. On its basis, indicators for assessing the effectiveness of management of DSBM are reflected on condition that terms «cost-efficiency» and «profitability» are synonyms. Structural detailing is expressed in terms of extremum co-ordinates as a TP DSBM optimization criterion, in the aspect of the reference value of price and profit in the structure of the optimization of the tracking mode of TP DSBM termination control. TP DSBM optimization criterion is chosen in the form of the objective function where weighting coefficients are identified by a tuple to the normalization condition. **Results.** It was proved, that necessary optimization conditions of the tracking mode of TP DSBM termination control can be presented in the form of the theorem of TP DSBM optimal termination control. In view of the above, problem solving examples are presented. As an analysis tool, modeling environment Simulink was used which includes function generators, adders, multipliers, divisors and others, implementing a total of 16 operations) that together with Matlab allows implementing DSBM modeling. Block 1 forms a signal, proportional to the difference; block 2 is the differentiator unit, block 3 is the function generator, its aim is to form the output signal according to the input signal. Primary devices of the model are supplemented with power supplies and the control block. **Conclusion.** As a result of the research and the analysis, a mean-square optimization criterion was chosen, where the coordinates of the deviation of real values from reference ones are subject to the normalization condition. The theorem of TP DSBM optimal termination control was formulated. The equation of the optimization of TP DSBM tracking mode was received and solved.

REFERENCES

1. Official site of JSC «Chernomorneftegaz» [Electronic resource] <http://www.blackseagas.com/> (Date of reference: 05.06.2014).
2. Balabanov, I. T. *Finansovyy analiz i planirovanie khozyaistvuyushchego sub'yekta: Monografiya* [Financial Analysis and Planning of Business Entity: Monograph]. Moscow: Finansy i statistika, 2000. 300 p.
3. Baturin, A. N., Tihomirov A. A. *Modelirovanie ekonomicheskikh system (tselevoy podkhod)* [Modeling of Economic Systems (comprehensive approach)]. Moscow: Izd-vo Moskovskogo un-ta., 1987. 86 p.
4. Balashov, E. P. *Evolutsionnyy sintez system: Monografiya* [Evolutional Synthesis of Systems: Monograph]. Moscow: Radio i Svyaz', 1985. 328 p.
5. Buslenko, N. P. *Modelirovanie slozhnykh system* [Modeling of Complex Systems]. Moscow: Nauka, 1987. 400 p.

The article was received 07.07.14.

Citation for an article: Chernyy S. G., Dorovskoy V. A. Model of a conceptual analysis in the aspect of profitable deep seabed mining optimization. Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems. 2014. No 3 (22). Pp. 49-56.

Information about the authors

CHERNYY Sergey Grigoryevich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Electrical Equipment of Ships and Industrial Automation at Kerch State Marine Technological University. The sphere of scientific interests is expert judgments. The author of 57 publications, including 4 patents and 5 training manuals with a signature stamp.

DOROVSKOY Vladimir Alekseevich – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair of Electrical Equipment of Ships and Industrial Automation at Kerch State Marine Technological University. The sphere of scientific interests is diagnostic techniques of complex structures. The author of 100 publications, 5 monographs. E-mail: dora1943@mail.ru.

УДК 004.652

ФОРМАЛИЗАЦИЯ СЕМАНТИКИ В ДОКУМЕНТО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ

З. С. Лучинин, И. Г. Сидоркина

Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
Email: zahar.luchinin@gmail.com

Обработка больших объёмов сложной, неоднородной информации является актуальной задачей для различных прикладных информационных систем, систем мультимедиа, экспертных систем. Перед разработчиками встаёт вопрос выбора способа хранения данных, способствующего выполнению операций над данными, заложенными в прототип программного обеспечения. Учёт семантических свойств имеет большое значение при выборе модели данных. Формализация этих свойств в модели данных даёт точную спецификацию операций, которые можно выполнять над данными в системах управления базами данных (СУБД). Заложенная семантика позволяет создать основу реализации механизмов поддержки целостности данных и ограничений при обработке и хранении слабоструктурированных данных больших объёмов.

Ключевые слова: база данных; модель данных; документо-ориентированная модель данных; большие данные; нереляционная модель данных; NoSQL; целостность данных; семантика.

Список литературы

1. Коробейников, А.Г. Алгоритм распознавания трехмерных изображений с высокой детализацией / А.Г. Коробейников, П.А. Кудрин, И.Г. Сидоркина // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2010. – № 2. – С. 91-98.
2. Тальхайм, Б. Обзор семантических ограничений для моделей баз данных [Электронный ресурс] – URL: [http://www.intsys.msu.ru/magazine/archive/v3\(3-4\)/thalheim-307-351.pdf](http://www.intsys.msu.ru/magazine/archive/v3(3-4)/thalheim-307-351.pdf) (Дата обращения 20.03.2014).
3. Donald, D. Chamberlin Anatomy of an Object-Relation Database / D. Donald // DB2 Online Magazine. – Winter, 1996. – Pp. 24-37.
4. Кузнецов, С. Объектно-ориентированные базы данных - основные концепции, организация и управление: краткий обзор [Электронный ресурс] - URL: http://citforum.ru/database/articles/art_24.shtml (Дата обращения 20.03.2014).
5. Системы баз данных третьего поколения: Манифест // СУБД. – 1995. – № 2. – С. 143-159.
6. Dittrich, K.A. Where Object-Oriented DBMSs Should Do Better: A Critique Based on Early Experiences / K.A. Dittrich, K.R. Dittrich // Modern Database Systems: Object Model, Interoperability and Beyond: ACM Press, Addison Wesley, 1995. Pp. 238-252.
7. Козлов, И.А. Анализ и классификация нереляционных баз данных. Молодежный научно-технический вестник. 2013. Вып. 2. [Электронный ресурс] – URL: http://sntbul.bmstu.ru/file/552140.html?__s=1 (Дата обращения 20.03.2014)

Статья поступила в редакцию 08.07.14.

Ссылка на статью: Лучинин З.С., Сидоркина И.Г. Формализация семантики в документо-ориентированных базах данных // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 3 (22). – С. 57-65.

Информация об авторах

ЛУЧИНИН Захар Сергеевич – аспирант кафедры информационно-вычислительных систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – разработка баз данных, обработка слабоструктурированной информации, облачные вычисления. Автор 10 публикаций. Email: zahar.luchinin@gmail.com

СИДОРКИНА Ирина Геннадьевна – доктор технических наук, профессор, декан факультета информатики и вычислительной техники, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – интеллектуальные системы, информа-

ционные технологии, защита информации, электронное обучение. Автор 45 публикаций.
Email: igs592000@mail.ru

SEMANTICS FORMALIZATION IN DOCUMENT-CENTRIC DATABASES

Z. S. Luchinin, I. G. Sidorkina

Volga State University of Technology,
3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: zahar.luchinin@gmail.com

Key words: database; data model; document-centric data model; big data; nonrelational data model; NoSQL; data integrity; semantics.

ABSTRACT

Introduction. Semantic information is highly significant when we work with large amounts of semistructured information. Filling the database with semantic information allows guaranteeing not only a better understanding of stored information, but also integrity constraints playing an important role in work with big data. **Purpose and objectives.** Data models and the methods of referential integrity support when processing large amounts of semistructured data with the purpose of using them in nonrelational databases are considered. **Referential integrity support in databases.** Referential integrity plays an important role when we work with semistructured data. Referential integrity assists in understanding connections between objects and prevents the creation of objects that have no meaning without the context. For the support of referential integrity on foreign keys, several strategies during the operations of data deletion and updating are used. The data model creates semantic relationships, that is displays not only static relationships between objects, but also their behavior and constraints. Constraints, imposed at the level of the data model, guarantee the implementation of business-rules, specified by the user, for several application programs, which can refer to the common database. **Results of using the referential integrity in document-centric databases.** The extension of database semantics because of the complex heterogeneous structure of database documents by means of the transfer of the display of model links in data domain is suggested. As a basis of the extension of the semantics of document-centric database links, we have the fact that connections in relational and object-oriented DBMS are not separately stored database objects, they are implemented in terms of primary and foreign keys. Unlike data models, described above, the possibility of the storage of several links at one document level is described, that is established at the level of database structure. **Conclusion.** The extension of the semantics of the document-centric database is suggested, that allows implementing database referential integrity support due to recording of the quantity of linked documents. Metainformation storage allows avoiding searching through all database documents for the answer to the problem.

REFERENCES

1. Korobeinikov A. G., Kudrin P. A., Sidorkina I. G. Algoritm raspoznavaniya trekhmernykh izobrazheniy s vysokoy detalizatsiey [The Algorithm of the Recognition of 3D Images with High Resolution]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2010. № 2. Pp. 91-98.
2. Talhaim B. Obzor semanticheskikh ograniчений dlya modeley baz dannykh [Review of Semantic Constraints for Database Models] [Electronic Resource] – URL: [http://www.intsys.msu.ru/magazine/archive/v3\(3-4\)/talheim-307-351.pdf](http://www.intsys.msu.ru/magazine/archive/v3(3-4)/talheim-307-351.pdf) (Date of reference 20.03.2014)
3. Donald D. Chamberlin Anatomy of an Object-Relation Database. DB2 Online Magazine, Winter 1996, Pp. 24-37
4. Kuznetsov S. Obyektno-orientirovannye bazy dannykh-osnovnye kontseptsii, organizatsiya i upravlenie: kratkiy obzor [Object-oriented Databases-Basic Concepts, Organization and Control: Brief Review] [Electronic resource] – URL: http://citforum.ru/database/articles/art_24.shtml (Date of reference 20.03.2014)

5. Sistemy baz dannykh tretyego pokoleniya: Manifest [Database Systems of the Third Generation: Manifest]. DBMS. 1995. № 2. Pp.143-159.
6. Dittrich K.A., Dittrich K.R. Where Object-Oriented DBMSs Should Do Better: A Critique Based on Early Experiences. Modern Database Systems: Object Model, Interoperability and Beyond, ACM Press, Addison Wesley, 1995, Pp. 238-252
7. Kozlov I. A. Analiz i klassifikatsiya nerelyatsionnykh baz dannykh. [Analysis and Classification of Nonrelational Databases] Molodezhnyy nauchno-tehnicheskiy vestnik. 2013. Vyp. 2. [Youth Scientific and Technical Bulletin. 2013. Issue 2.] [Electronic resource] – URL: http://snt-bul.bmstu.ru/file/552140.html?__s=1 (Date of reference 20.03.2014).

The article was received 08.07.14.

Citation for an article: Z. S. Luchinin, I. G. Sidorkina. Semantics formalization in document-centric databases. Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems. 2014. No 3 (22). Pp. 57-65.

Information about the authors

LUCHININ Zahar Sergeevich – a postgraduate student of the Chair of Computer Systems at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the development of databases, processing of semistructured information, cloud computing. The author of 10 publications. Email: zahar.luchinin@gmail.com

SIDORKINA Irina Gennadyevna – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dean of the Faculty of Information Technologies and Computer Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is intelligence systems, information technologies, information security, e-learning. The author of 45 publications. Email: igs592000@mail.ru

УДК 621.391

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ МЕТОДОМ КОНТУРНОГО АНАЛИЗА

Х. Э. Рахманов

Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: code@volgatech.net

Статья посвящена решению актуальной научной задачи, связанной с разработкой алгоритмов распознавания номерных знаков транспортных средств на основе контурного анализа.

Ключевые слова: контурный анализ; элементарный вектор; Канни-детектор; эталонный контур; эквализация; взаимно корреляционная функция.

Список литературы

1. Леухин, А.Н. Алгоритм локализации изображения регистрационного номерного знака автомобиля с использованием методов контурного анализа / А.Н. Леухин, Н.В. Парсаев, Х.Э. Рахманов // Доклады 16-й Международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA-2014». – М.: РНТОРЭС имени А.С. Попова, 2014. – Том 2. – С. 528-530.
2. Леухин, А.Н. Алгоритм сегментации символов локализованного номерного знака транспортного средства / А.Н. Леухин, Н.В. Парсаев, Х.Э. Рахманов // Доклады 16-й Международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA-2014». – М., 2014. – Том 2. – С. 526-528.
3. Рахманов, Х.Э. Распознавание текстов методом контурного анализа / Х.Э. Рахманов, А.Н. Леухин, Н.В. Парсаев // Доклады 67-й Всероссийской конференции с международным участием «Научная сессия, посвященная Дню Радио – RDC-2012». – М.: РНТОРЭС имени А.С. Попова, 2012. – С. 157-158.
4. Рахманов, Х.Э. Распознавание изображений печатного текста, полученных с веб-камер / Х.Э. Рахманов, А.Н. Леухин, Н.В. Парсаев // Научному прогрессу – творчество молодых: сб. межд. молод. науч. конф. по естественнонаучным и техническим дисциплинам: в 2 ч, Ч.2, Йошкар-Ола: ПГТУ, 2012. – С.190-192.
5. Фурман, Я. А. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов / Я. А. Фурман, А. К. Передреев, А. В. Кревецкий и др.; Под ред. Я. А. Фурмана. – М.: Физматлит, 2003. – 592 с.
6. Розенфельд, А. Распознавание и обработка изображений с помощью ЭВМ: пер. с англ. / А. Розенфельд. – М.: Мир, 1972. – 232 с.
7. Лукьяница, А. А. Цифровая обработка видеозаписей / А. А. Лукьяница, А. Г. Шишкин. – М.: «Ай-Эс-Эс Пресс», 2009. – 518 с.

Статья поступила в редакцию 20.08.14.

Ссылка на статью: Рахманов Х. Э. Решение задачи распознавания номерных знаков транспортных средств методом контурного анализа // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 3 (22). – С. 66-73.

Информация об авторе

РАХМАНОВ Хошим Эрдашович – аспирант кафедры информационной безопасности, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – программирование в области решения задач распознавания образов (обработка, анализ и распознавание изображений и сигналов). Автор семи публикаций.

SOLUTION TO VEHICLE LICENSE PLATE RECOGNITION BY MEANS OF LOOP ANALYSIS

Kh. E. Rakhmanov

Volga State University of Technology,
3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: code@volgatech.net

Key words: loop analysis; elementary vector; Canny edge detector; reference contour; equalization; cross-correlation function.

ABSTRACT

Introduction. In recent years, the development of intelligence transport systems in which there is a subsystem of vehicle license plate automatic recognition is paid much attention. Due to the diversity of environmental conditions, in which systems of vehicle license plate automatic recognition have to work, methods, used when creating them, can differ considerably. The **purpose** of the work is the development of vehicle license plate localization algorithms, segmentation and recognition of certain characters of a license plate, based on the loop analysis. In the article, the algorithm of vehicle license plate localization is described, based on the dual-threshold detector of license plate borders with the following matched filtering of rectangular edge contours. For the contour formation, a Rosenfeld algorithm is used. At the output of the Rosenfeld algorithm, the contour of the extracted object was formed, representing the vector of complex numbers. The degree of the proximity of two contours is determined by the maximum value of report modules of a normalized, cyclic, cross-correlation function between these contours. The procedure of equalization was carried out so as to get the possibility of comparing contours of different length. The procedure of equalization can be done by means of linear interpolation or extrapolation separately in a real or imaginary part of the contour, previously represented in a total code with the consequent inverse transformation into the differential code. For relating the current character contour to one of the classes, it's necessary to calculate maximum values of report modules of a normalized, cyclic, cross-correlation function between current and reference contours, representing the contours of all recognized characters and choose the maximum value among them. The reference contour, where the maximum response of the normalized, cyclic, cross-correlation function are maximum, will determine the class of the current contour. **Conclusion.** The author suggests the modernized algorithm of the segmentation of certain characters of a license plate based on finding the routes with minimum weight in the vertical direction. The cost of the route is determined as the difference sum of the intensity of adjacent pixels along the whole route.

REFERENCES

1. Leukhin A. N., Parsaev N. V., Rakhmanov Kh. E. Algoritm lokalizatsii izobrazheniya registratsionnogo nomera znaka avtomobilya s ispol'zovaniem metodov konturnogo analiza [The Algorithm of Vehicle License Plate Image Localization Using the Loop Analysis]. *Doklady 16-y Mezhdunarodnoy konferentsii «Tsifrovaya obrabotka signalov i ee primeneniye-DSPA-2014»* [Proceedings of the 16th International Conference «Digital Signal Processing and its Application – DSPA-2014»]. Moscow: RNTORES imeni A.S. Popova, 2014. Vol. 2. Pp. 528-530.
2. Leukhin A. N., Parsaev N. V., Rakhmanov Kh. E. Algoritm segmentatsii simvolov lokalizovannogo nomernogo znaka transportnogo sredstva [The Algorithm of the Character Segmentation of the Localized License Plate of a Vehicle]. *Doklady 16-y Mezhdunarodnoy konferentsii «Tsifrovaya obrabotka signalov i ee primeneniye-DSPA-2014»* [Proceedings of the 16th International Conference «Digital Signal Processing and its Application – DSPA-2014»]. Moscow, 2014. Vol. 2. Pp. 526-528.
3. Rakhmanov Kh. E., Leukhin A. N., Parsaev N. V. Raspoznavanie tekstom metodom konturnogo analiza [Character recognition by the Loop Analysis]. *Doklady 67-y Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Nauchnaya sessiya, posvyashchennaya Dnyu Radio – RDC-2012»* [Proceedings of the 67th All-Russian Conference with the International Participation «Scientific Session, Devoted to the Radio Day -RDC-2012»]. Moscow: RNTORES imeni A.S. Popova, 2012. Pp. 157-158.
4. Rakhmanov Kh. E., Leukhin A. N., Parsaev N. V. Raspoznavanie izobrazheniy pechatnogo teksta, poluchennykh s veb-kamer [Image Recognition of the Printed Text, Received from Web Cameras]. *Nauchnomu progressu-tvorchestvo molodykh: sb. mezhd. molod. nauch. konf. po estestvennonauchnym i tekhnicheskim distsiplinam: v 2 ch., Ch. 2* [The Creative Work of the Youth for Scientific Progress: Proceedings of the International Youth Scientific Conference on Natural-science and Engineering Disciplines: Two Parts, Part 2], Yoshkar-Ola: Volga State University of Technology, 2012. Pp. 190-192.
5. Furman Ya. A., Peredreev A. K., Krevetsky A.V. and others. *Vvedenie v konturnyy analiz i ego prilozheniya k obrabotke izobrazheniy i signalov* [Introduction to Contour Analysis and its Image and Signal Processing Application] edited by Ya. A. Furman. Moscow: Fizmatlit, 2002. 588 p.
6. Rosenfeld A. *Raspoznavanie i obrabotka izobrazheniy s pomoshch'yu EVM: per. s angl.* [Image Recognition and Processing Using Computers: Translation from English]. Moscow: mir, 1972. 232 p.
7. Lukyanitsa A. A., Shishkin A. G. *Tsifrovaya obrabotka videoizobrazheniya* [Digital Processing of Video Image]. Moscow: «Ay-Es-Es Press», 2009. 518 p.

The article was received 20.08.14.

Citation for an article: Rakhmanov Kh. E. Solution to vehicle license plate recognition by means of loop analysis. Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems. 2014. No 3 (22). Pp. 66-73.

Information about the author

RAKHMANOV Khoshim Erdashovich – a postgraduate student of the Chair of Information Security at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is programming in the sphere of problem solving of image recognition (processing, analysis, image and signal recognition). The author of 7 publications.

E-mail: code@volgatech.net

ЭЛЕКТРОНИКА

УДК 620.168.36

НОВЫЕ ПОДХОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ИХ СТРУКТУРЫ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

**И. И. Попов¹, Н. С. Ваишурин¹, А. В. Мороз¹, С. А. Степанов²,
Н. И. Сушенцов¹, А. А. Роженцов¹, А. О. Евдокимов¹**

¹Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: popov@volgatech.net

²Марийский государственный университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1
E-mail: stepan_mail@mail.ru

Данный обзор посвящается новым методам в обеспечении стабильных параметров тонких функциональных плёнок, составляющих основу определённого класса материалов наноэлектроники, получаемых методом магнетронного распыления. Приводятся технологические режимы нанесения тонких плёнок методом ВЧ магнетронного распыления. Дается характеристика структуры получаемых плёнок и возникающих в ней наноразмерных полупроводниковых образований, обладающих нанооптическими свойствами. Сообщается о практически значимых методах контроля кристаллической структуры этих плёнок и методе повышения её качества за счёт моделирования технологических параметров с использованием результатов контроля. Характеризуются кванторазмерные полупроводниковые структуры, возникающие на электронах, локализованных на поверхностных дефектах волоконно-кристаллической структуры плёнок. Сообщается о результатах исследований оптических свойств этих кванторазмерных структур, полученных новым методом, с помощью фемтосекундного фотонного эха. Приводится практическая значимость полученных научных результатов при разработке технологий получения наноэлектронных приборов.

Ключевые слова: материалы наноэлектроники; тонкие плёнки; магнетронное распыление; фотонное эхо; рентгенодифракционный анализ; зондовая микроскопия.

Работа поддержана грантом РФФИ №12-02-00736а и Государственным заданием высшим учебным заведениям, НИР №5 (№2014/82).

Список литературы

1. Кузьмичев, А.И. Магнетронные распылительные системы. Кн. 1. Введение в физику и технику магнетронного распыления/ А.И. Кузьмичев. – Киев.: Аверс, 2008. – 244 с.
2. Берлин, Е.В. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких плёнок/ Е.В. Берлин, С.А. Двинин, Л.А. Сейдман. – М.: «Техносфера», 2007. – 167 с.
3. Бессолов, Ю.В. Нитрид алюминия на кремнии: роль промежуточного SiC слоя и технологии хлоридной газофазной эпитаксии / Ю.В. Бессолов, В.Н. Жилев, Е.В. Коненкова и др. // Письма в ЖТФ. – 2010 – Т. 36, №. 11. – С. 17-24
4. Kribalis, S. Structural and electrical characterization of barium strontium titanate films prepared by sol-gel technique on brass (CuZn) substrate/ S. Kribalis, P.E. Tsakiridis, C. Dedeloudisa, E. Hristoforou // Journal of optoelectronics and advanced materials. – 2006. – Vol. 8, No. 4. – Pp. 1475 – 1478.

5. *Wodesks-Dus, B.* The sol-gel synthesis of barium strontium titanate ceramics/ B. Wodesks-Dus, A. Lisinska-Czekaj, T. Orkisz et al. // *Materials Science-Poland*. – 2007. – Vol. 25, No. 3. – Pp. 791-799.
6. *Morita, M.* Epitaxially growth of aluminum nitride on sapphire using mtalorganic chemical vapor deposition / M. Morita, N. Uesugi, S. Isogai et al. // *Jpn. Journal Applied Physics*. – 1981. – Vol. 20, No. 1. – Pp. 17-23.
7. *Dryburgh, P.M.* Factors affecting the growth of aluminum nitride layers on sapphire by the reaction of nitrogen with aluminum marosrlinide / P.M. Dryburgh // *J. Crystal growth*. – 1989. – Vol. 94, No. 1. – Pp. 23-33.
8. Жуков, В.В. Распыление мишени при асистирувании магнетронного разряда ионным пучком / В.В. Жуков, В.П. Кривобоков, С.Н. Янин // *Известия Томского политехнического университета*. – 2004. – Т. 307, № 7 – С. 40-45.
9. Аракелова, Э.Р. Оптимизация процесса магнетронного осаждения для формирования качественных, ориентированных пленок ZnO / Э.Р. Аракелова, А.М. Хачатарян, К.Э. Авджян, А.А. Ктеян // *Известия НАН Армении. Физика*. – 2012. – Т. 47, № 4. С. 277-287.
10. *Barker, A.* Room-temperature r.f. magnetron sputtered ZnO for electromechanical devices / A. Barker, S. Crowther, D. Rees // *Sensors and Actuators A: Physical*. – 1997. – Vol. 58, No. 3. Pp. 229-235.
11. *Shiosaki, T.* Low temperature growth of piezoelectric AlN for surface and bulk wave transducers by RF reactive planar magnetron sputtering / T. Shiosaki, T. Yamamoto, T. Oda et. al. // *Proc. IEEE International Ultrasonics Symposium Proceedings*. – Dresden, Germany, 1980. – Pp. 2146-2149.
12. *Kodayashi, K.* Recrystallization of AlN_x (x<1) thin films induced by N implantation / K. Kodayashi, S. Namba, T. Fujiahana // *Applied Physics Letters*. – 1988. – Vol. 53, No. 3. – Pp. 185-186.
13. *Lieske, N.* Formation of Al-nitride films at room temperature by nitrogen ion implantation into aluminum / N. Lieske, R. Hezel // *Journal of Applied Physics*. – 1981. – Vol. 52, No. 9. – Pp. 5806-5810.
14. *Tansley, T.L.* Properties of sputtered nitride semiconductors / T.L. Tansley, R.J. Egan, E.C. Horrigan // *Thin solid films*. – 1988. – Vol. 164. – Pp. 441-448.
15. *Ohuchi, F.S.* AlN thin films with controlled crystallographic orientation and their microstructure / F.S. Ohuchi, P.E. Russell // *J. Vac. Sci. Technol.* – 1987. – Vol. 5, No. 4. – Pp. 1630-1634.
16. *Белянин, А.Ф.* Получение пленок AlN (Обзор) / А.Ф. Белянин // *Материалы 7 Международного симпозиума «Тонкие пленки в электронике»* / под ред. А.Ф. Белянина, Ю.В. Панфилова, М.И. Самойловича. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1996. – С. 112-167.
17. *Двоешерстов, М.Ю.* Гетероэпитаксиальные структуры AlN/Al₂O₃ и GaN/Al₂O₃ для акусто-электронных СВЧ устройств / М.Ю. Двоешерстов, В.И. Чередник, А.В. Беляев // *Современные наукоемкие технологии*. – 2010. – № 9. – С. 24-30.
18. *Gerova, E.V.* Deposition of thin films by magnetron reactive sputtering/ E.V. Gerova, N.A. Ivanov, K.I. Kirov // *Thin solid films* – 1981. – Vol. 81, No. 3. – Pp. 201-206.
19. *Гневущев, В.А.* Стабилизация магнетронного распылительного устройства / В.А. Гневущев, Б.Ф. Мочалов, А.А. Мочалов // *Электроника*. – 1983. – № 1. – С. 25-29.
20. *Felmetsger, V.V.* Crystal Orientation and Stress in AC Reactively Sputtered AlN Films on Mo Electrodes for Electro-Acoustic Devices / V.V. Felmetsger, P.N. Laptev, S.M. Tanner // *Proc. IEEE International Ultrasonics Symposium Proceedings*. – Dresden, Germany, 2008. – Pp. 2146-2149.
21. *Bray, K.R.* Aluminum oxynitride dielectrics for high power, wide temperature capacitor applications / K.R. Bray, R.L.C. Wu, J. Weimer et. al. // *CARTS*. – USA, Orlando, 2006. – Pp. 161-171.
22. *Мочалов, Б.Ф.* Свойства пленок нитрида алюминия, полученных методом реактивного испарения алюминия в атмосфере аммиака / Б.Ф. Мочалов, С.В. Разрядов, А.А. Фомин [и др.] // *Физические основы микроэлектроники: Сборник статей*. – М.: «Высшая школа», 1979. – С. 73-76.
23. *Vispute, R.D.* Epitaxially growth of AlN thin film on silicon (111) substrates by pulsed laser deposition / R.D. Vispute, J. Narayan, H. Wu. // *J. Appl. Phys.* – 1995. – Vol. 77, No. 9. – Pp. 4724-4728.
24. *Белянин, А.Ф.* Наноструктурированные пленки AlN и ZnO в электронной технике/ А. Ф. Белянин, М.И. Самойлович, К.А. Ковальский и др. // *Наука и технологии в промышленности*. – 2005. – № 2. – С. 46-57.
25. *Вашури, Н.С.* Фемтосекундное фотонное эхо на неоднородных по размеру квантовых точках оксида цинка при комнатной температуре/ Н.С. Вашурин, И.И. Попов, С.Э. Путилин и др. // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. – 2013. – № 1. – С. 65-69.
26. *Брудный, В.Н.* Глубокие уровни собственных точечных дефектов и природа «аномального» оптического поглощения в ZnGeP2 / В.Н.Брудный, В.Г.Воеводин, С.Н.Гриняев // *Физика твердого тела*. – 2006. – Т.48, №11. – С. 1949-1961.
27. *Герасименко, Ю.В.* Синтез тонких пленок CuInSe2 магнетронным распылением и их свойства / Ю. В. Герасименко, А. А. Максименко, С. Н. Салтыков и др.// *Конденсированные среды и межфазные границы*. – Том 12, № 4. – С. 355-359.
28. *Алферов, Ж.И.* Наноматериалы и нанотехнологии / Ж.И.Алферов, А.Л.Асеев, С.В.Гапонов и др. // *Микросистемная техника*. – 2003. – № 8. – С. 3-13.

29. Хапачев, Ю.П. Деформации и напряжения в многослойных эпитаксиальных кристаллических структурах. Рентгенодифракционные методы их определения / Ю.П. Хапачев, Ф.Н. Чуховский // Кристаллография. – 1989. – Т. 34, № 3. – С. 776-800.
30. Дроздов, Ю.Н. Рентгеновская дифрактометрия эпитаксиальных гетероструктур с большим рассогласованием периодов решеток / Ю.Н. Дроздов // Известия РАН. Серия физическая. – 2005. – Т. 69, № 2. – С. 264-268.
31. Афанасьев, А.М. Исследование многослойных структур на основе слоев GaAs-InGaAs методом двухкристальной рентгеновской дифрактометрии / А.М. Александров, М.А. Чуев, Р.М. Имамов и др. // Кристаллография. – 1997. – Т. 42, № 3. – С. 514-523.
32. Устинов, В.М. Технология получения и возможности управления характеристиками структур с квантовыми точками / В.М. Устинов // Физика и техника полупроводников. – 2004. – Т. 38, № 8. – С. 963-970.
33. Kegel, I. Determination of strain fields and composition of self-organized quantum dots using x-ray diffraction / I. Kegel, T. H. Metzger, A. Lorke, et. all // Physical Review B. – 2001. – Vol. 63. – Pp. 1-13.
34. Кузнецов, Г.Ф. Рентгенодифрактометрическая идентификация и измерение упругой деформации и толщины монокристаллических слоев в эпитаксиальных системах ZnSe/(001)GaAs, ZnSe/ZnSe_{1-x}Sx/ZnSe/(001)GaAs // Кристаллография. – 1995. – Т. 40, № 5. – С. 936-939.
35. Chen, Y.C. Determination of critical layer thickness and strain tensor in In_xGa_{1-x}As/GaAs quantum-well structures by x-ray diffraction / Y.C. Chen, P.K. Bhattacharya // Journal of Applied Physics. – 1993. – Vol. 73, No. 11. – Pp. 7389-7394.
36. De Caro, L. Determination of the lattice strain and chemical composition of semiconductor heterostructures by high-resolution x-ray diffraction / L. De Caro, C. Giannini, L. Tapfer // Journal of Applied Physics. – 1996. – Vol. 79, No. 8. – P. 4101-4110.
37. Дроздов, Ю.Н. Многослойные периодические структуры GaAsN-InGaAs, согласованные по периоду с GaAs / Ю.Н. Дроздов, В.М. Данильцев, Д.М. Гапонова и др. // Известия РАН. Серия физическая. – 2004. – Т. 68, № 1. – С. 75-77.
38. Дроздов, Ю.Н. Параболическое многослойное зеркало для дифрактометра ДРОН-4 / Ю.Н. Дроздов, А.А. Ахсаханян, А.Д. Ахсаханян и др. // Поверхность. РСНИ. – 2005. – № 5. – С. 33-37.
39. Baranov, A.M. In situ x-ray reflectivity for thin -film deposition monitoring and control / A.M. Baranov, P.E. Kondrashov, I.S. Smirnov // Solid State Technology. – 1999 – No. 5. – Pp. 53-58.
40. Kozhevnikov, I. Exact determination of the phase in time-resolved X-ray reflectometry / I. Kozhevnikov, L. Peverini, E. Ziegler // Optics express. – 2008. – Vol. 16, No.1. – Pp. – 144-149.
41. Боуэн, Д.К. Высокора разрешающая рентгеновская дифрактометрия и топография / Д.К. Боуэн, Б.К. Таннер. – СПб.: Наука, 2002. – 274 с.
42. Грабов, В.М. Атомно-силовая микроскопия поверхности кристаллов и пленок висмута / В.М. Грабов, Е.В. Демидов, В.А. Комаров // Термоэлектричество. – 2009. – № 1. – С. 42-47.
43. Меньшиков, Е.А. Анализ структуры пленок блок-сополимеров методом атомно-силовой микроскопии / Е.А. Меньшиков, А.В. Большакова, И.В. Яминский // Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. – 2009. – № 2. – С. 58-63.
44. Миронов, В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии / В.Л. Миронов. – Н. Новгород: РАН, 2004. – 114 с.
45. Штанский, Д.В. Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения в нанотехнологических исследованиях / Д.В. Штанский // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д. И. Менделеева) – 2002. – Т. XLVI, № 5. – С. 81-89.
46. Жарков, С.М. Методы современной просвечивающей электронной микроскопии в исследовании материалов / С.М. Жарков // Журнал сибирского федерального университета. Химия. – 2009. – № 4. – С. – 294-306.
47. Zhang, X.-F. Progress in Transmission Electron Microscopy – 1 (Concepts and Technologies) / X.-F. Zhang, Z. Zhang. – Springer-Verlag, Berlin, 2001. – 367 p.
48. Zhang, X.-F. Progress in Transmission Electron Microscopy – 2 (Applications in Materials Science) / X.-F. Zhang, Z. Zhang. – Springer-Verlag, Berlin, 2001. – 309 p.
49. Одинцов, М.А. Особенности внутреннего строения пленок AlN, выращенных методом магнетронного распыления / М.А. Одинцов, Н.И. Сушенцов // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Ядерно-физические исследования. – 1989. – № 2. – С. 58-62.
50. Барвинок, В.А. Управление напряженным состоянием и свойства плазменных покрытий / В.А. Барвинок. – М.: Машиностроение, 1990. – 384 с.
51. Налимов, В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В.В. Налимов, Н.А. Чернова. – М.: Наука, 1965. – 275 с.
52. Сушенцов, Н.И. Технологические методы формирования тонких пленок / Н.И. Сушенцов, А.В. Мороз, С.А. Степанов [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2014. – Т. 78, № 3. – С. 313-315.
53. Мороз, А.В. Методика контроля отклонения степени кристалличности пленок нитрида алюминия от требуемого технологическим циклом значения и устройство управления на ее основе /

А.В. Мороз, И.И. Попов, С.А. Степанов, Н.И. Сушенцов // Материалы Девятой международной научной школы «Наука и инновации-2014» ISS «SI-2014»; под ред. Н.М. Кузнецова, И.И. Попова, В.А. Козлова, В.В. Самарцева. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. – С. 127 – 136.

54. Мороз, А.В. Система контроля кристаллического строения пленок нитрида алюминия в процессе их получения / А.В. Мороз // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и информационные системы. – 2013. – № 2. – С. 88-97.

55. Дедов, А.Н. Методика локального исследования поверхности по двум проекциям / А.Н. Дедов, Т.Л. Кудрявцев, А.В. Мороз и др. // Труды 10-й НПК «Современные информационные и электронные технологии». – Одесса: «Политехперіодика», 2009. – С. 107.

56. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов / Я. А. Фурман, А. В. Кревецкий, А. К. Передреев и др.; под ред. А. Я. Фурмана. – М.: Физматлит, 2002. – 588 с. : ил.

57. Фурман, Я.А. Методы и средства обработки комплекснозначных и гиперкомплексных сигналов. Компьютеризированный курс: учебное пособие/ Я.А. Фурман, Д.Г. Хафизов. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2011. – 388 с.

58. Гуткин, М.Ю. Дефектные структуры на внутренних границах раздела в нанокристаллических и поликристаллических пленках / И.А. Овидько // Materials Physics and Mechanics. – 2009. – No. 8. –Рр. 108-148.

59. Сизов, Д.С. Влияние условий отжига на испарение дефектных областей в структурах с квантовыми точками InGaAs в матрице GaAs / Д.С. Сизов, М.В. Максимов, А.Ф. Цацульников и др. // Физика и техника полупроводников. – 2002. – Т. 36, No. 9. – С. 1097–1104.

60. Штейнман, Э.А. Фотолюминесценция и структурные дефекты слоев кремния, имплантированных ионами железа / Э.А. Штейнман, В.И. Вдовин, А.Н.Изотов и др. // Физика твердого тела. – 2004. – Т. 46, № 1.– С. 26-30.

61. Подкопаев, О.И. Влияние микроструктуры на электрические свойства особо чистого германия / О.И. Подкопаев, А.Ф. Шиманский, Н.О. Молотковская, Т.В. Кулаковская // Физика твердого тела. – 2013. – Том 55, вып. 5. – С. 872-875

62. Кардона, Ю.П. Основы физики полупроводников / Ю.П. Кардона; Пер. с англ. И.И. Решинной; Под ред. Б.П. Захарчени. 3-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 560 с.

63. Tjong, K.K. Effects of As⁺ ion implantation on the Raman spectra of GaAs: Spatial correlation interpretation/ K.K. Tjong, P.M. Amirtharaj,

F.H. Pollak, D.E. Aspnes // Applied Physics Letters. – 1984. – Vol. 44. – Pp. 122–144.

64. Pogrebnjak, A.D. Structural and optical properties of ZnO prepared by CVD before and after annealing / A.D. Pogrebnjak, N.Y. Jamil, A.K.M. Muhammed // Metallofiz. Noveishie Tekhnol. –2011. –Vol. 33 – Pp. 235-241

65. De Merchant, J. Preparation and doping of zinc oxide using spray pyrolysis / J. De Merchant, M. Cocivera // Chemistry of Materials. – 1995. – Vol. 7, No. 9. – Pp. 1742-1749.

66. Subramanyam, T. Optimisation of ZnO:Al films by change of sputter gas pressure for solar cell application / T. Subramanyam, B. Srinivasulunaido, S. Uthanna // Crystal Research and Technology. – 1999. –Vol. 34, №1. –Pp. 981-988.

67. Robbins, J.J. Development of tin oxide synthesis by plasma-enhanced chemical vapor deposition / J.J. Robbins, R.T. Alexander, M. Bai [et al.] // Journal of Vacuum Science & Technology.–2001. –Vol 4, No. 1.–Pp. 2762-2766.

68. Saito, M. Antibacterial, Deod on Zing, and UV absorbing materials obtained with zinc oxid (ZnO) coated fabrics / M. Saito. J. Indust. Text. – 1993. –Vol.473, No. 23. – Pp. 150-155.

69. Matare, H.F. Carrier transport at grain boundaries in semiconductors/ H.F. Matare // Journal of Applied Physics. –1984. –Vol. 56, No. 10. – Pp. 2605-2631.

70. Polop, C. Twin coarsening in CdTe (111) films grown on GaAs(100)/ C. Polop, I.Mora-Sero, C. Munuera et al. // Acta Materialia. –2006. – Vol. 54. – Pp. 4285-4291.

71. Белявский, В.И. Экситоны в низкоразмерных системах/ В.И. Белявский// Соросовский Общественный Журнал. – 1997. – № 5. – С. 93-99.

72. Копвиллем, У.Х. Световое эхо в парамагнитных кристаллах / У.Х. Копвиллем, В.Р. Нагибаров // ФММ. –1963. – Т.15, №2. – С. 313-316.

73. Kurnit, N.A. Observation of photonechoes / N.A. Kurnit, I.D. Abella, S.R. Hartmann // Physical Review Letters. – 1964.– Vol. 6, No. 19. – Pp. 567-570.

74. Patel, C.K.N. Photon echoes in gases / C.K.N. Patel, R.E. Slusher // Physical Review Letters. – 1968. – Vol.20, No. 20. – Pp. 1087-1089

75. Копвиллем, У.Х. Световое эхо в рубине / У.Х. Копвиллем, В.Р. Нагибаров, В.А. Пирожков // Физика твердого тела. – 1972. – Т. 14, № 6. – С. 1794-1795.

76. Манькин, Э.А. Оптическая эхо-спектроскопия / Э.А. Манькин, В.В. Самарцев. – М.: Наука, 1984. – 270 с.

77. Попов, И.И. Фотонное эхо как метод исследования взаимодействия мощных фемтосекундных импульсов с полупроводниковыми пленками наноразмерной толщины / И.И. Попов, Н.С. Васьурин, С.А. Степанов, Н.И. Сушенцов //

Известия РАН. Серия физическая. – 2014. – Т. 78, № 3. – С. 309–312.

78. Вавилов, В.С. Дефекты в кремнии и на его поверхности / В.С. Вавилов, В.Ф. Киселев, Б.Н. Мукашев. – М.: «Наука», 1990. – 216 с.

79. Зуйков, В.А. Пространственно-спектральные закономерности фотонного эха / В.А. Зуйков, А.А. Калачев, В.В. Самарцев и др. // Оптика и спектроскопия. – 1998. – Т. 84, № 5. – С. 786–788.

80. Елютин, С.О. Эффекты фотонного эха и оптических нутаций в системе двухэлектронных квантовых точек / С.О. Елютин, А.И. Маймистов // Оптический журнал. – 2008. – Т. 75, № 10. С. 13–20.

81. Астапенко, В.А. Поляризационные эффекты в излучательных процессах / В.А. Астапенко, Изд. Стереотип. – М.: Едиториал УРСС, 2013. – 176 с.

82. Попов, И.И. Фотонное эхо в однослойных и трехслойной полупроводниковых пленках различной наноразмерной толщины и исследование их свойств / И.И. Попов, Н.С. Вашурин, С.Э. Путилин и др. // Известия РАН. Серия физическая. – 2014. – Т. 78, № 2. – С. 229–232.

83. Hopf, F.A. Observation of quantum beats in photon echoes and optical nutation/ F.A. Hopf, R.L. Shoemaker // Physical Review Letters. – 1997. – Vol. 33. – Pp. 1527.

84. Vreken, Q.H.F. Quantum beats in superfluorescence in atomic Cs / Q.H.F. Vreken, H.M.J. Hikssoors, H.M. Gibbs. – Physical Review Letters. – 1977. – Vol. 38. – Pp. 764.

85. Malikov, R.F. Dynamics of the stimulated photon echo formation in three level systems // Photon Echo and Coherent Spectroscopy. – USA, SPIE, 1997. – Vol. 3239. – Pp. 73–78.

86. Попов, И.И. Физические принципы построения оптического эхо-процессора для выполнения операций с кватернионами / И.И. Попов, А.Н. Леухин // Известия РАН. Серия физическая. – 2004. – Т. 68, №9. – С. 1305–1307.

87. Magnetic-Field Control of Photon Echo from the Electron-Trion System in a CdTe Quantum Well: Shuffling Coherence between Optically Accessible and Inaccessible States / L. Langer, S. V. Poltavtsev, I. A. Yugova // Physical Review Letters. – 2012. – Vol. 109. – Pp. 157403.

Статья поступила в редакцию 18.08.14.

Ссылка на статью: Попов И.И., Вашурин Н.С., Мороз А.В., Степанов С.А., Сушенцов Н.И., Рожнецов А.А., Евдокимов А.О. Новые подходы получения материалов нанoeлектроники магнетронным распылением с использованием методов контроля их структуры и оптических свойств // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2014. – № 3 (22). – С. 74–96.

Информация об авторах

ПОПОВ Иван Иванович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – оптические исследования взаимодействия света с веществом. Автор более 400 публикаций.

E-mail: popov@volgatech.net

ВАШУРИН Никита Сергеевич – аспирант, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – нелинейная оптика, когерентное взаимодействие. Автор 21 публикации.

E-mail: nickita_vashurin@mail.ru

МОРОЗ Андрей Викторович – аспирант, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – контроль параметров тонких пленок, а также формирование тонких пленок магнетронным распылением и исследование взаимосвязи их свойств с технологическим режимом. Автор 20 публикаций.

E-mail: morozandrey2405@mail.ru

СТЕПАНОВ Сергей Александрович – аспирант, Марийский государственный университет. Область научных интересов – технология получения тонких пленок для микро- и нанoeлектроники; структура тонких пленок; оборудование для создания тонких пленок. Автор 17 публикаций.

E-mail: stepan_mail@mail.ru

СУШЕНЦОВ Николай Иванович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой конструирования и производства радиоаппаратуры, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – вакуумные методы формирования тонких пленок, сканирующая зондовая микроскопия. Автор более 140 публикаций.

E-mail: sni@mari-el.ru

РОЖЕНЦОВ Алексей Аркадьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – цифровая обработка сигналов, обработка и распознавание изображений, системы астроориентации. Автор более 70 публикаций, соавтор трёх монографий, имеет учебно-методические разработки.

E-mail: Rozentsov@volgatech.net

ЕВДОКИМОВ Алексей Олегович – кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – радиолокационные изображения, распознавание образов, анализ сцен, контуры, синтез оптимальных алгоритмов, фильтрация, искусственный интеллект, сложные сигналы. Автор более 54 публикаций.

E-mail: evdokimov@volgatech.net

NEW APPROACHES TO GETTING NANO-ELECTRONICS MATERIALS BY MEANS OF MAGNETRON SPUTTERING USING CONTROL METHODS OF THEIR STRUCTURE AND OPTICAL PROPERTIES

I. I. Popov¹, N. S. Vashurin¹, A. V. Moroz¹, S. A. Stepanov², N. I. Sushentsov¹,
A. A. Rozhentsov¹, A. O. Evdokimov¹

¹Volga State University of Technology,
3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: popov@volgatech.net

²Mari State University,
1, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
E-mail: stepan_mail@mail.ru

Key words: nanoelectronics materials; thin films; magnetron sputtering; photon echo; X-ray diffraction analysis; probe microscopy.

Introduction. A magnetron sputtering method is one of the most widespread methods of getting thin-film nano-dimensional structures, applied for the creation of nanoelectronic devices. Defect sizes of these structures are within limits of 10 nm. Electrons are connected with defects and they are localized on them, forming the exciton transition system. This review describes the investigations of the creation of the methods of the control and formation of the crystal film nanostructure, their optical property finding and possible applications. The **purpose** of the work is to show the possibility of getting nano-dimensional film structures of function coverage with set-up parameters by means of the magnetron sputtering method that is considered to be the most suitable method, used in practice. The **problems**, solved during the work, include: the method of the modeling of film coverage future parameters; acceptable for production conditions, control methods of thin film parameters, such as crystallinity, microhardness, bulk structure, the control of parameters of surface defects, determining the characteristics of quanta-limited structures and film properties, connected with the possibility of optical information processing. 1. Thin film structure control methods. For determining the structure of received thin films in their production conditions, it is suggested to measure microhardness and the structure of film transverse cleavage, including the medium size of crystallite fibers, the ratio of crystal and amorphous phases, the medium slope angle of a crystallite longitudinal axis. In reality, registered film crystallinity deviation can be compensated for the change of controlled process-dependent parameters. By the certain algorithm, the correction value of the corresponding controlled parameter is determined. 2. Control methods of nanofilm optical properties. The semiconductor structure can have lattice defects. A semiconductor with defects can be characterized as the structure with quantum wells. As quantum wells have specific properties, registered by optical methods, the photon echo is one of the possible methods of semiconductor film parameter determination. The photon echo is the optical coherent response of the resonant medium to the influence of two or more short and power laser pulses, scattered in time. Defects can have the considerable influence on observed photon echo properties. The more their linear dimensions are, the less exciton localization is, the faster there was photon echo decrease because of strong exciton-photon interaction. New methods of optical angular spectroscopy and methods of quantum beats are suggested. Through the registration of quantum beats it's possible to calculate energy difference between defects, having the nearest oscillator strength. Judging by this difference, one can estimate the parameters spread of the surface defects of crystallites in produced films, intended for nanoelectronic device creation. **Conclusion.** Modern approaches to getting materials for nanoelectronics, based on the magnetron sputtering method are prospective. Meanwhile, the accuracy and stability of film parameter reproduction are provided due to controlled process-dependent parameters, used in process planning and results of film crystallinity control, acceptable to production conditions. The control of film optical properties based on photon echo allows estimating the character of surface defects and their informativity.

The work is supported by the grant from RFBR №12-02-00736a and the State task for higher educational institutions, SRW №5 (№2014/82).

REFERENCES

1. Kuzmichev A. I. *Magnetronnye raspylitel'nye sistemy. Kn. 1. Vvedenie v fiziku i tekhniku magnetronnogo raspyleniya* [Magnetron Sputtering Systems. B. 1 Introduction to Physics and Technology of Magnetron Sputtering]. Kiev: Avers, 2008. 244 p.
2. Berlin E.V., Dvinin S.A., Seidman L.A. *Vakuumnaya tekhnologiya i oborudovanie dlya nanoseniya i travleniya tonkikh plenok* [Vacuum Technology and Equipment for Applying and Etching Thin Films]. Moscow: «Tekhnosfera», 2007. 167 p.
3. Bessolov Ju. V., Zhilyaev V.N., Konenkova E.V. et al. Nitrid alyuminiya na kremnii: rol' promezhutochnogo SiC sloya i tekhnologii khloridnoy gazofaznoy epitaksii [Aluminium Nitride on Silicon: the Role of the Intermediate SiC Layer and Chloride Gas-phase Epitaxy Technology]. *Pis'ma v ZhTF* [Letters to the Journal of Applied Physics]. 2010. Vol. 36, № 11. Pp. 17-24.
4. Kribalis S., Tsakiridis P.E., Dedeloudisa C., Hristoforou E. Structural and electrical characterization of barium strontium titanate films prepared by sol-gel technique on brass (CuZn) substrate. *Journal of optoelectronics and advanced materials*. 2006. Vol. 8, No. 4. Pp. 1475 – 1478.
5. Wodesks-Dus B., Lisinska-Czekaj A., Orkisz T. et al. The sol-gel synthesis of barium strontium titanate ceramics. *Materials Science-Poland*. 2007. Vol. 25, No. 3. Pp. 791-799.
6. Morita M., Uesugi N., Isogai S. et al. Epitaxially growth of aluminum nitride on sapphire using metalorganic chemical vapor deposition. *Jpn. Journal Applied Physics*. 1981. Vol. 20, No. 1. Pp. 17–23.
7. Dryburgh P.M. Factors affecting the growth of aluminum nitride layers on sapphire by the reaction of nitrogen with aluminum marosrlinide. *J. Crystal growth*. 1989. Vol. 94, No. 1. Pp. 23-33.
8. Zhukov V.V., Krivobokov V.P., Yanin S.N. Raspylenie misheni pri assistirovanii magnetronnogo razryada ionnym puchkom [Target Dispersion at Ion Beam Assistance of Magnetron Discharge]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [The News of Tomsk Polytechnic University]. 2004. Vol. 307, № 7. Pp. 40-45.
9. Arakelova E. R., Hachaturyan A.M., Avdzhyan K.E., Kteyan A.A. Optimizatsiya protsessa magnetronnogo osazhdeniya dlya formirovaniya kachestvennykh, orientirovannykh plenok ZnO [Optimization of the Magnetron Deposition Process for Forming Qualitative, Oriented Films ZnO]. *Izvestiya NAN Armenii, Fizika* [The News of the National Academy of Sciences of Armenia, Physics]. 2012. Vol. 47, № 4. Pp. 277-287.
10. Barker A., Crowther S., Rees D. Room-temperature r.f. magnetron sputtered ZnO for electromechanical devices. *Sensors and Actuators A: Physiscal*. 1997. Vol. 58, No. 3, Pp. 229–235.
11. Shiosaki T., Yamamoto T., Oda T. et. al. Low temperature growth of piezoelectric AlN for surface and bulk wave transducers by RF reactive planar magnetron sputtering. *Proc. IEEE International Ultrasonics Symposium Proceedings*. Dresden, Germany, 1980. Pp. 2146-2149.
12. Kodayashi K., Namba S., Fujihana T. Recrystallization of AlN_x (x<1) thin films induced by N implantation. *Applied Physics Letters*. 1988. Vol. 53, No. 3. Pp. 185-186.
13. Lieske N., Hezel R. Formation of Al-nitride films at room temperature by nitrogen ion implantation into aluminum. *Journal of Applied Physics*. 1981. Vol. 52, No. 9. Pp. 5806-5810.
14. Tansley T.L., Egan R.J., Horrigan E.C. Properties of sputtered nitride semiconductors. *Thin solid films*. 1988. Vol. 164. Pp. 441-448.
15. Ohuchi F.S., P.E. Russell. AlN thin films with controlled crystallographic orientation and their microstructure. *J. Vac. Sci. Technol*. 1987. Vol. 5, No. 4. Pp. 1630-1634.
16. Belyanin A.F., Panfilov Ju.V., Samoilovich M.I. Poluchenie plenok AlN (Obzor) [AlN Film Production (Review)]. *Materialy 7 Mezhdunarodnogo simpoziuma «Tonkie plenki v elektronike»* [Proceedings of the 7th International Symposium «Thin Films in Electronics»]; edited by A. F. Belyanin, Yoshkar-Ola: MARSTU, 1996. Pp. 112–167.
17. Dvoesherstov M. Ju., Cherednik V.I., Belyaev A.V. Geteroepitaksial'nye struktury AlN/Al₂O₃ i GaN/Al₂O₃ dlya akustoelektronnykh SVCh ustroystv [Heteroepitaxial Structures AlN/Al₂O₃ and GaN/Al₂O₃ for Acousto-Electronic Microwave Devices]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern High-end Technologies]. 2010. № 9. Pp. 24–30.
18. Gerova E.V., Ivanov N.A., Kirov K.I. Deposition of thin films by magnetron reactive sputtering. *Thin solid films*. 1981. Vol. 81, No. 3. Pp. 201-206.
19. Gnevushev V.A., Mochalov B.F., Mochalov A.A. Stabilizatsiya magnetronnogo raspylitel'nogo ustroystva [Stabilization of Magnetron Atomizing Sprayers]. *Elektronika* [Electronics]. 1983. № 1. Pp. 25-29.
20. Felmetsger V.V., Laptev P.N., Tanner S.M. Crystal Orientation and Stress in AC Reactively Sputtered AlN Films on Mo Electrodes for Electro-Acoustic Devices. *Proc. IEEE International Ultrasonics Symposium Proceedings*. Dresden, Germany, 2008. Pp. 2146-2149.
21. Bray K.R., Wu R.L.C., Weimer J. et. al. Aluminum oxynitride dielectrics for high power, wide temperature capacitor applications. *CARTS. USA, Orlando*, 2006. Pp. 161–171.
22. Mochalov B. F., Razryadov S.V., Fomin A.A. et al. Svoistva plenok nitrida alyuminiya, poluchennykh metodom reaktivnogo ispareniya alyuminiya v atmosfere ammiaka [Aluminium Nitride

Film Properties, Received by the Method of Reactive Evaporation of Aluminium in Ammonia Atmosphere]. *Fizicheskie osnovy mikroelektroniki: Sbornik statey* [Physical Basics of Microelectronics: proceedings]. – Moscow: « Vysshaya shkola », 1979. Pp. 73–76.

23. Vispute R.D., Narayan J., Wu H. Epitaxially growth of AlN thin film on silicon (111) substrates by pulsed laser deposition. *J. Appl. Phys.* 1995. Vol. 77, No. 9. Pp. 4724–4728.

24. Belyanin A.F., Samoilovich M.I., Kovalsky K.A. et al. Nanostrukturirovannye plenki AlN i ZnO v elektronnoy tekhnike [Nanostructured Films AlN and ZnO in Electronic Engineering]. *Nauka i tekhnologii v promyshlennosti* [Science and Technologies in Industry]. 2005. № 2. Pp. 46–57.

25. Vashurin N.S., Popov I.I., Putilin S. E. et al. Femtosekundnoe fotonnoe ekho na neodnorodnykh po razmeru kvantovykh tochkakh oksida tsinka pri komnatnoy temperature [Femtosecond Photon Echo on Heterogeneous in Size, Quantum Dots of Zinc Oxide at the Room-temperature]. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki* [Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics]. 2013. № 1. Pp. 65–69.

26. Brudny V.N. Voevodin V.G., Grinyaev S.N. Glubokie urovni sobstvennykh tochechnykh defektov i priroda «anomal'nogo» opticheskogo pogloshcheniya v ZnGeP2 [Deep Levels of Intrinsic Point Defects and the Nature of «Anomalous» Optical Absorption in ZnGeP2]. *Fizika tverdogo tela* [Solid State Science]. 2006. Vol. 48, №11. Pp. 1949–1961.

27. Gerasimenko Ju. V., Maksimenko A. A., Saltykov S. N. et al. Sintez tonkikh plenok CuInSe2 magnetronnym raspyleniem i ikh svoystva [CuInSe2 Thin Films Synthesis by Magnetron Sputtering and their Properties]. *Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granitsy* [Condensed Mediums and Interphase Borders]. Vol. 12. № 4. Pp. 355–359.

28. Alferov Zh. I., Aseev A. L., Gaponov S. V. et al. Nanomaterialy i nanotekhnologii [Nanomaterials and Nanotechnologies]. *Mikrosistemnaya tekhnika* [Microsystemic Technique]. 2003. № 8. Pp. 3–13.

29. Hapachev Ju. P., Chuhovsky F.N. Deformatsii i napryazheniya v mnogosloynnykh epitaksial'nykh kristallicheskiykh strukturakh. Rentgenodifraktsionnye metody ikh opredeleniya [Deformations and Stress in Multilayer Epitaxial Crystal Structures. X-ray Diffraction methods and their Determination]. *Kristallografiya* [Crystallography]. 1989. Vol. 34. № 3. Pp. 776–800.

30. Drozdov Ju. N. Rentgenovskaya diffraktsiya epitaksial'nykh geterostruktur s bol'shim rassoglasovaniem periodov reshetok [X-ray Diffractometry of Epitaxial Heterostructures with Large Mismatch of Lattice Periods]. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya fizicheskaya* [News of the RAS: physical series]. 2005. Vol. 69, № 2. Pp. 264–268.

31. Afanasyev A. M., Aleksandrov A.M., Chuev M.A., Imamov R.M. et al. Issledovanie mnogosloynnykh struktur na osnove sloev GaAs-InGaAs metodom dvukhkristal'noy rentgenovskoy diffraktsionnoy metody [Investigation of Multilayer Structures based on the GaAsInGaAs Layers by Double-crystal X-ray Diffractometry Method]. *Kristallografiya* [Crystallography]. 1997. Vol. 42, №3. Pp. 514–523.

32. Ustinov V. M. Tekhnologiya polucheniya i vozmozhnosti upravleniya kharakteristikami struktur s kvantovymi tochkami [Production Technology and the Possibilities of the Control of Characteristics of Structures with Quantum Dots]. *Fizika i tekhnika poluprovodnikov* [Physics and technology of semiconductors]. 2004. Vol. 38, № 8. Pp. 963–970.

33. Kegel I., Metzger T. H., Lorke A. et. al. Determination of strain fields and composition of self-organized quantum dots using x-ray diffraction. *Physical Review B*. 2001. Vol.63, No.035318. Pp. 1–13.

34. Kuznetsov G.F. Rentgenodifraktsionnaya identifikatsiya i izmerenie uprugoy deformatsii i tolshhiny monokristallicheskiykh sloev v epitaksial'nykh sistemakh ZnSe/(001)GaAs, ZnSe/ZnSe1-xSx/ZnSe/(001)GaAs [X-ray Diffraction Identification and Measurement of Elastic Deformation and Monocrystalline Layer Thickness in Epitaxial Systems ZnSe/(001)GaAs, ZnSe/ZnSe1-xSx/ZnSe/(001)GaAs]. *Kristallografiya* [Crystallography]. 1995. Vol.40, №5. Pp. 936–939.

35. Chen Y.C., Bhattacharya P.K. Determination of critical layer thickness and strain tensor in InGa1-xAs/GaAs quantum-well structures by x-ray diffraction. *Journal of Applied Physics*. 1993. Vol. 73, No. 11. Pp. 7389–7394.

36. De Caro L., Giannini C., Tapfer L. Determination of the lattice strain and chemical composition of semiconductor heterostructures by high-resolution x-ray diffraction. *Journal of Applied Physics*. 1996. Vol. 79, No. 8. Pp. 4101–4110.

37. Drozdov Ju. N., Daniltsev V.M., Gaponova D.M. et al. Mnogosloynnye periodicheskie struktury GaAsN-InGaAs, soglasovannye po periodu s GaAs [Multilayer Periodic Structures GaAsN-InGaAs, Period Matched with GaAs]. *Izvestiya RAN. Seriya fizicheskaya* [News of the RAS: physical series]. 2004. Vol. 68, № 1. Pp.75–77.

38. Drozdov Ju. N., Akhsakhalyan A.A., Akhsakhalyan A. D. et al. Parabolicheskoe mnogosloynnoe zerkalo dlya diffraktometra DRON-4 [Parabolic Multilayer Mirror for a Diffractometer DRON-4]. *Poverkhnost'. RSNi* [Surface. UNN]. 2005. № 5. Pp. 33–37.

39. Baranov A.M., Kondrashov P.E., Smirnov I.S. "In situ x-ray reflectivity for thin -film deposition monitoring and control. *Solid State Technology*. 1999. No. 5. Pp. 53–58.

40. Kozhevnikov I., Peverini L., Ziegler E. Exact determination of the phase in time-resolved X-ray

reflectometry. *Optics express*. 2008. Vol. 16, No. 1. Pp. 144-149.

41. Bouen D. K., Tanner B.K. *Vysokorazreshayushchaya rentgenovskaya diffraktsiya i topografiya* [High-resolution X-ray Diffraction and Topography]. SPb.: Nauka, 2002. 274 p.

42. Grabov V. M., Demidov E.V., Komarov V.A. Atomno-silovaya mikroskopiya poverkhnosti kristallov i plenok vismuta [Atomic-force Microscopy of Bismuth Crystal and Film Surface]. *Termoelektrichestvo* [Thermoelectricity]. 2009. № 1. Pp. 42-47.

43. Menshikov E.A., Bolshakova A.V., Yaminsky I.V. Analiz struktury plenok blok-sopolimerov metodom atomno-silovoy mikroskopii [The Analysis of Block-copolymer Film Structure by the Atomic-force Microscopy Method]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 3. Fizika. Astronomiya* [Bulletin of Moscow University. Series 3. Physics. Astronomy]. 2009. № 2. Pp. 58-63.

44. Mironov V.L. *Osnovy skaniruyushchey zondovoy mikroskopii* [Basics of Scanning Probe Microscopy]. Nizhny Novgorod, 2004. 114 p.

45. Shtansky D.V. Prosvechivayushchaya elektronnyaya mikroskopiya vysokogo razresheniya v nanotekhnologicheskikh issledovaniyakh [Transmission Electron Microscopy of High Resolution in Nanotechnological Research]. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal (Zhurnal Rossiyskogo khimicheskogo obshchestva im. D. I. Mendeleeva)* [Russian Chemical Journal (Journal of the Russian Chemical Society, named after D. I. Mendeleev)]. 2002. Vol. XLVI, № 5. Pp. 81-89.

46. Zharkov S.M. Metody sovremennoy prosvechivayushchey elektronnoy mikroskopii v issledovanii materialov [Methods of Modern Transmission Electron Microscopy in Material Research]. *Zhurnal sibirskogo federalnogo universiteta. Khimiya* [Journal of Siberian Federal University. Chemistry]. 2009. № 4. Pp. 294-306.

47. Zhang X.-F., Zhang Z. Progress in Transmission Electron Microscopy – 1 (Concepts and Technologies). Springer-Verlag, Berlin, 2001. 367 p.

48. Zhang X.-F., Zhang Z. Progress in Transmission Electron Microscopy – 2 (Applications in Materials Science). Springer-Verlag, Berlin, 2001. 309 p.

49. Odintsov M.A., Sushentsov N.I. Osobennosti vnutrennego stroeniya plenok AlN, vyrashchennykh metodom magnetronnogo raspyleniya [Features of the Internal Structure of AlN Films, Grown by the Magnetron Sputtering Method]. *Voprosy atomnoy nauki i tekhniki. Ser.: Yaderno-fizicheskie issledovaniya* [Problems of Nuclear Science and Engineering. Ser. Nuclear Physics Research]. 1989. № 2. Pp. 58-62.

50. Barvinok V.A. *Upravlenie napryazhennym sostoyaniem i svoystva plazmennyykh pokrytiy* [Stress State Control and Plasma Coating Properties]. Moscow: Mashinostroenie [Machine Construction]. 1990. 384 p.

51. Nalimov V.V., Chernova N.A. *Statisticheskie metody planirovaniya ekstremal'nykh eksperimentov* [Statistical Methods of Extremal Experiment Planning]. Moscow: Nauka. 1965. 275 p.

52. Sushentsov N. I., Moroz A.V., Stepanov S.A. et al. Tekhnologicheskie metody formirovaniya tonkikh plenok [Technological Methods of Thin Film Forming]. *Izvestiya rossiyской akademii nauk. Seriya fizicheskaya* [News of the RAS: physical series]. 2014. Vol. 78, № 3. Pp. 313-315.

53. Moroz A.V., Popov I.I., Stepanov S.A., Sushentsov N.I. Metodika kontrolya otkloneniya stepeni kristallichnosti plenok nitrida alyuminiya ot trebuemogo tekhnologicheskim tsiklom znacheniya i ustroystvo upravleniya na ee osnove [The Method of The Control of Nitride Aluminium Film Crystallinity Deviation from the Required by the Technological Cycle Value and the Control Device on its Basis]. *Materialy Devyatoy mezhdunarodnoy nauchnoy shkoly «Nauka i innovatsii-2014» ISS «SI-2014»* [Proceedings of the 9th International Scientific School «Science and Innovations-2014» ISS «SI-2014»]; edited by N.M. Kuznetsov, I.I. Popov, V.A. Kozlov, V.V. Samartsev. Yoshkar-Ola: Volga State University of Technology, 2014. Pp. 127-136.

54. Moroz A. V. Sistema kontrolya kristallicheskogo stroeniya plenok nitride alyuminiya v protsesse ikh polucheniya [The Control System of the Crystalline Structure of Nitride Aluminium Films in their Production Process]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Radiotekhnicheskie i infokommunikatsionnye sistemy* [Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Radio Engineering and Infocommunication Systems]. 2013. № 2. Pp. 88-97.

55. Dedov A. N., Kudryavtsev T. L., Moroz A. V. et al. Metodika lokal'nogo issledovaniya poverkhnosti po dvym proektsiyam [The Method of the Local Research of the Surface by Two Projections]. *Trudy 10-y NPK «Sovremennye informatsionnye i elektronnye tekhnologii»* [Proceedings of the 10th Scientific Practical Conference «Modern Information and Electronic Technologies»]. Odessa: «Politekhpriodika», 2009. P. 107.

56. Furman Ya. A., Peredreev A. K., Krevetsky A.V. et al. *Vvedenie v konturnyy analiz i ego prilozheniya k obrabotke izobrazheniy i signalov* [Introduction to Contour Analysis and its Image and Signal Processing Application]; edited by Ya. A. Furman. Moscow: Fizmatlit, 2002. 588 p.: il.

57. Furman Ya, A., Hafizov D. G. *Metody i sredstva obrabotki kompleksnoznachnykh i giperkompleksnykh signalov. Kompyuterizirovanny kurs: uchebnoe posobie* [Methods and Means of Complex Valued and Hypercomplex Signal Processing. Computer-aided Course: Tutorial]. Yoshkar-Ola: Mari State Technical University, 2011. 388 p.

58. Gutkin M. Yu, Ovidko I. A. Defektnye Struktury na vnutrennikh granitsakh razdela v

nanokristallicheskih i polikristallicheskih plenkakh [Defect Structures on the Inner Boundaries of the Section in Nanocrystalline and Polycrystalline Films] *Materials, Physics and Mechanics*. 2009. № 8. Pp. 108-148.

59. Sizov D. S., Maksimov M. V., Tsatsulnikov A. F. et al. Vliyanie usloviy na isparenie defektnykh oblastey v strukturakh s kvantovymi tochkami InGaAs v matritse GaAs [Influence of Annealing Conditions on the Evaporation of Defect Areas in Structures with Quantum Dots InGaAs in a Matrix GaAs]. *Fizika i tekhnika poluprovodnikov* [Physics and Engineering of semiconductors]. 2002. Vol. 36, № 9. Pp. 1097-1104.

60. Shteiman E. A., Vdovin V. I., Izotov A. N. et al. Fotoluminesentsiya i strukturnye defekty sloev kremniya, implantirovannykh ionami zheleza [Photoluminescence and Structural Defects of Silicon Layers Implanted by Iron Ions]. *Fizika tverdogo tela* [Solid State Physics]. 2004. Vol. 46, № 1. Pp. 26-30.

61. Podkopaev O. I., Shimansky A. F., Molotkovskaya N.O., Kulakovskaya T. V. Vliyanie mikrostrukturnykh na elektricheskie svoystva osobo chistogo germaniya [The Influence of the Microstructure on the Properties of Highly Purified Germanium]. *Fizika tverdogo tela* [Solid State Physics]. 2013. Vol. 55, Issue 5. Pp. 872-875.

62. Kardona Yu. P. Osnovy fiziki poluprovodnikov [Fundamentals of Semiconductor Physics]. Translation from English I. I. Reshina; edited by B. P. Zakharcheni. The third edition. Moscow: FIZMATLIT, 2002. 560 p.

63. Tiong K.K., Amirtharaj P.M., Pollak F.H., Aspnes D.E. Effects of As⁺ ion implantation on the Raman spectra of GaAs: Spatial correlation interpretation. *Applied Physics Letters*. 1984. Vol. 44. Pp. 122-144.

64. Pogrebnjak A.D., Jamil N.Y., Muhammed A.K.M. Structural and optical properties of ZnO prepared by CVD before and after annealing. *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.* 2011. Vol. 33. Pp. 235-241.

65. De Merchant J., Cocivera M. Preparation and doping of zinc oxide using spray pyrolysis. *Chemistry of Materials*. 1995. Vol. 7, No. 9. Pp. 1742-1749.

66. Subramanyam T., Srinivasulunaido B., Uthanna S. Optimisation of ZnO:Al films by change of sputter gas pressure for solar cell application. *Crystal Research and Technology*. 1999. Vol. 34, №1. Pp. 981-988.

67. Robbins J.J., Alexander R.T., Bai M. et al. Development of tin oxide synthesis by plasma-enhanced chemical vapor deposition. *Journal of Vacuum Science & Technology*. 2001. Vol. 4, No. 1. Pp. 2762-2766.

68. Saito M. Antibacterial, Deodorizing, and UV absorbing materials obtained with zinc oxide (ZnO) coated fabrics. *J. Indust. Text.* 1993. Vol. 473, No. 23. Pp. 150-155.

69. Mataré H.F. Carrier transport at grain boundaries in semiconductors. *Journal of Applied Physics*. 1984. Vol. 56, No. 10. Pp. 2605-2631.

70. Polop C., Mora-Sero I., Munuera C. et al. Twin coarsening in CdTe (111) films grown on GaAs(100). *Acta Materialia*. 2006. Vol. 54. Pp. 4285-4291.

71. Belyavsky V. I. Eksitony v nizkorazmernykh sistemakh [Excitons in Low-dimensional Systems]. *Sorosovskiy Obrazovatel'nyy Zhurnal* [Soros Educational Journal]. 1997. № 5. Pp. 93-99.

72. Kopvillem U. Kh., Nagibarov V. R. Svetovoe echo v paramagnitnykh kristallakh [Photon Echo in Paramagnetic Crystals]. *PMM*. 1963. Vol. 15, № 2. Pp. 313-316.

73. Kurnit N.A., Abella I.D., Hartmann S.R. Observation of photonechoes. *Physical Review Letters*. 1964. Vol. 6, No. 19. Pp. 567-570.

74. Patel C.K.N. Slusher R.E. Photon echoes in gases. *Physical Review Letters*. 1968. Vol. 20, No. 20. Pp. 1087-1089.

75. Kopvillem U. Kh., Nagibarov V. R., Pirozhkov V. A. Svetovoe echo v rubine [Photon Echo in a Ruby]. *Fizika tverdogo tela* [Solid State Physics]. 1972. Vol. 14, № 6. Pp. 1794-1795.

76. Manykin E. A., Samartsev V. V. Opticheskaya echo-spektroskopiya [Optical Echo-spectroscopy]. Moscow: Nauka, 1984. 270 p.

77. Popov I. I., Vashurin N. S., Stepanov S. A., Sushchentsov N. I. Fotonnnoe ekho kak metod issledovaniya vzaimodeystviya moshchnykh femtosekundnykh impul'sov s poluprovodnikovymi plenkami nanorazmernoy tolshchiny [Photon Echo as the Research Method of the Interaction of Power Femtosecond Pulses with Semiconductor Films of Nanodimensional Thickness]. *Izvestiya Rossiyskoy Akademii nauk. Seriya fizicheskaya* [News of the RAS: physical series]. 2014. Vol. 78, № 3. Pp. 309-312.

78. Vavilov V. S., Kiselev B. F., Mukashev B. N. Defekty v kremnii i na ego poverkhnosti [Defects in Silicon and on its Surface]. Moscow: Nauka, 1990. – 216 p.

79. Zuikov V. A., Kalachev A. A., Samartsev V. V. et al. Prostranstvenno-spektral'nye zakonomernosti fotonnogo ekha [Spatial Spectral Laws of Photon Echo]. *Optika i spektroskopiya* [Optics and spectroscopy]. 1998. Vol. 84, № 5. Pp. 786-788.

80. Elyutin S. O., Maimistov A. I. Effekty fotonnogo ekha i opticheskikh nutatsiy v sisteme dvuellektronnykh kvantovykh tochek [Effects of Photon Echo and Optical Nutations in a Two-electron Quantum Dot System]. *Opticheskiy zhurnal: Nauch.-tekhn. zhurn.* [Optical journal: Scient.-tech. journal]. 2008. Vol. 75, № 10. Pp. 13-20.

81. Astapenko V. A. Polyarizatsionnye efekty v izluchatel'nykh protsessakh [Polarization Effects in Emitting Processes]. Stereotype publ. Moscow: Editorial URSS, 2013. 176 p.

82. Popov, I. I. Vashurin N. S., Putilin S. E. et al.

Fotonnoe echo v odnosloinykh i trekhsloinoy poluprovodnikovyykh plenkakh razlichnoy nanorazmernoy tolshchiny i issledovanie ikh svoystv [Photon Echo in One-layer and Three-layer Semiconductor Films of Different Nanodimensional Thickness and the Research of their Properties]. *Izvestiya Rossiyskoy Akademii nauk. Seriya fizicheskaya* [News of the RAS: physical series]. 2014. Vol. 78, № 2. Pp. 229–232.

86. Popov I. I., Leukhin A. N. Fizicheskie printsipy postroyeniya opticheskogo echo-protessora dlya vypolneniya operatsiy s kvaternionami [Physical Principles of the Construction of the Optical Echo-processor for Performing Operations with Quaternions]. *Izvestiya Rossiyskoy Akademii nauk. Seriya fizicheskaya* [News of the RAS: physical series]. 2004. Vol. 68, № 9. Pp. 1305–1307.

The article was received 18.08.14.

Citation for an article: Popov I. I., Vashurin N. S., Moroz A. V., Stepanov S. A., Sushentsov N. I., Rozhentsov A. A., Evdokimov A. O. New approaches to getting nanoelectronics materials by means of magnetron sputtering using control methods of their structure and optical properties. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Radio Engineering and Infocommunication Systems*. 2014. No 3 (22). Pp. 74–96.

Information about the authors

POPOV Ivan Ivanovich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor of the Chair of Radio Equipment Engineering and Production at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is optical studies of the interaction between light and substance. The author of more than 400 publications. E-mail: popov@volgatech.net

VASHURIN Nikita Sergeevich – a post graduate student at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is nonlinear optics, coherent interaction. The author of 21 publications. E-mail: nickita_vashurin@mail.ru

MOROZ Andrey Viktorovich – a postgraduate student at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the control of the parameters of thin films, their formation by magnetron sputtering and the research on the interconnection of film properties with operating practices. The author of 20 publications. E-mail: morozandrey2405@mail.ru

STEPANOV Sergey Aleksandrovich – a postgraduate student at Mari State University. The sphere of scientific interests is the technology of thin film production for micro- and nanoelectronics; the structure of thin films; the equipment for thin film creation. The author of 17 publications. E-mail: stepan_mail@mail.ru

SUSHENTSOV Nikolay Ivanovich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, the Head of the Chair of Radio Equipment Engineering and Production at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is vacuum methods of thin film forming, scanning probe microscopy. The author of more than 140 publications. E-mail: sni@mari-el.ru

ROZHENTSOV Alexey Arkadyevich – Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, the Head of the Chair of Medical and Biological System Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is the digital processing of images and signals, image recognition and processing, astroorientation systems. The author of more than 70 publications, the coauthor of 3 monographs and the author of tutorials. E-mail: RozhencovAA@volgatech.net

EVDOKIMOV Aleksey Olegovich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Medical and Biological System Engineering at Volga State University of Technology. The sphere of scientific interests is radar images, pattern recognition, scene analysis, contours, optimal algorithm synthesis, filtering, artificial intelligence, complex signals. The author of more than 54 publications. E-mail: EvdokimovAO@volgatech.net

НОВИНКИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ. ОБЗОРЫ. КОНФЕРЕНЦИИ. ВАЖНЫЕ ДАТЫ

УДК 550.388

А. В. Зуев

УЧЁНЫЕ ПОВОЛЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА НА ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН»

Проведён обзор прошедшей Всероссийской конференции «Распространение радиоволн». Отмечены организаторы конференции, список секций.

Ключевые слова: конференция; организаторы; участники.

С 29 июня по 5 июля проректор по научной работе и инновационной деятельности ПГТУ, член Научного совета РАН Дмитрий Владимирович Иванов и зам. декана радиотехнического факультета по научной работе Алексей Валерьевич Зуев приняли участие в работе XXIV Всероссийской научной конференции «Распространение радиоволн», проходившей в г. Иркутске на базе Института солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук [1]. Встреча учёных была посвящена 100-летию со дня рождения выдающегося учёного, профессора Валерия Михайловича Полякова.

С этим институтом ПГТУ в течение многих лет связывает тесное научное сотрудничество, создана совместная научная лаборатория, в которой проводятся исследования, поддерживаемые РФФИ и Минобрнауки РФ. Конференция по распространению радиоволн проводится раз в три года и объединяет учёных ведущих научных школ страны. В ней принимают участие представители организаций, занимающихся физическими проблемами радиосвязи, радиолокации и радионавигации. Дважды эта конференция проводилась в г. Йошкар-Оле на базе ПГТУ.



Организаторами XXIV Всероссийской научной конференции были: Научный совет РАН «Распространение радиоволн», Научный совет ОФН РАН «Физика солнечно-земных связей», Институт солнечно-земной физики СО РАН (ИСЗФ СО РАН), Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН (ИРЭ РАН), Московский физико-технический институт (государственный университет) (МФТИ, Москва), Российский новый университет (РосНОУ, Москва), Иркутский государственный университет (ИГУ, Иркутск). Конференция состоялась при участии и поддержке: Российской академии наук (РАН), Министерства образования и науки РФ, Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), Национального комитета URSI, Российской секции IEEE, Объединённого физического общества РФ.

На конференции прозвучали более 250 докладов ведущих учёных из разных городов России. Несколько докладов были посвящены изучению физических проблем, связанных с падением Челябинского метеорита в феврале 2013 года. Открывал конференцию советник РАН, академик Гелий Александрович Жеребцов. Он рассказал о жизни и деятельности профессора В.М. Полякова.

От научной школы ПГТУ с пленарным докладом об основных результатах исследований, проводимых в ПГТУ, выступил проректор по научной работе и инновационной деятельности, профессор Д. В. Иванов; с докладами на секциях выступил доцент А. В. Зуев. Также доклады на конференцию представили преподаватели и сотрудники кафедр высшей математики и радиотехники и связи ПГТУ: проф. В.А. Иванов, проф. Н.В. Рябова, доц. М.И. Бастркова, доц. В.В. Павлов, доц. М.И. Рябова, доц. А.А. Чернов, доц. Н.Н. Михеева, ст. преп. А.А. Елсуков.

На конференции все доклады были представлены в девяти секциях[2]:

1. Распространение радиоволн и дистанционное зондирование верхней атмосферы и космического пространства.
2. Распространение радиоволн метрового-субмиллиметрового диапазонов в тропосфере и урбанизированных средах.
3. Распространение оптических волн в атмосфере и лазерное зондирование природных сред.
4. Распространение километровых и более длинных радиоволн.
5. Распространение радиоволн и нелинейные эффекты в ионосфере.
6. Физические проблемы радиолокации и радиосвязи.
7. Дистанционное зондирование атмосферы и земных покровов, радиометеорология.
8. Математическое моделирование проблем электродинамики и распространения радиоволн.
9. Радиотелескопы – аппаратура, методы и результаты наблюдений.

В программе конференции состоялся конкурс молодых учёных. По его итогам были вручены грамоты и ценные призы [3].

В рамках конференции было проведено заседание Научного совета РАН по распространению радиоволн и выездные секции на озере Байкал и в обсерваториях ИСЗФ СО РАН. В частности, в ходе конференции участники посетили уникальные научные объекты России: Сибирский солнечный радиотелескоп, предназначенный для изучения солнечной активности в микроволновом диапазоне и Иркутский радар некогерентного рассеяния радиоволн, используемый для измерения параметров ионосферной плазмы.

Список литературы

1. Учёные ПГТУ на Всероссийской конференции. – URL: http://www.volgatech.net/news/news-of-the-university/77203/?sphrase_id=46862 (дата обращения: 28.08.14).
2. Элементы большой науки. Научный календарь. – URL: <http://elementy.ru/events/432084> (дата обращения: 28.08.14).
3. URL:<http://rrv.iszf.irk.ru/competition> (дата обращения: 28.08.14).

ЗУЕВ Алексей Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехники и связи, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3). Область научных интересов – радионавигационные и телекоммуникационные системы. Автор 56 публикаций. E-mail: ZuevAV@volgatech.net

A. V. Zuev

SCIENTISTS OF VOLGA STATE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AT ALL-RUSSIAN CONFERENCE «PROPAGATION OF RADIO WAVES»

The review of All-Russian conference «Propagation of radio waves» was carried out in the work. The organizers of the conference and the lectures list were noted.

Key words: conference, organizers, participants.

References

1. Scientists of Volga State University of Technology at All-Russian conference – URL: http://www.volgatech.net/news/news-of-the-university/77203/?sphrase_id=46862 (Date of reference: 28.08.14).
2. Big science elements. Scientific calendar. - URL: <http://elementy.ru/events/432084> (date of reference: 28.08.14).
3. URL:<http://rrv.iszf.irk.ru/competition> (date of reference: 28.08.14).

ZUEV Aleksey Valeryevich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair of Radio Engineering and Communication at Volga State University of Technology (3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation). The sphere of scientific interests is radio navigation and telecommunication systems. The author of 56 publications. E-mail: ZuevAV@volgatech.net

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция журнала «Вестник Поволжского государственного технологического университета» принимает к публикации статьи, соответствующие профилю издания, объемом не более 15 страниц, включая рисунки.

Статья должна содержать только оригинальный материал, отражающий результаты завершенных исследований автора, ранее не публиковавшихся.

К печати принимаются материалы, которые не опубликованы и не переданы в другие редакции. Рукописи проходят обязательное рецензирование. В «Вестнике ...» печатаются только статьи, получившие положительные рецензии.

Отклоненные в результате рецензирования материалы возвращаются в одном экземпляре (с приложением копии рецензии).

Требования к оригиналам предоставляемых работ

Структура научной статьи

1. Аннотация (3–4 предложения).
2. Ключевые слова или словосочетания (не более 10) отделяются друг от друга точкой с запятой.
3. Введение (оценка состояния вопроса, основанная на обзоре литературы с мотивацией актуальности; выявленное противоречие, позволяющее сформулировать проблемную ситуацию).
4. Цель работы, направленная на преодоление проблемной ситуации (1–2 предложения).
5. Решаемые задачи, направленные на достижение цели.
6. Математическое, аналитическое или иное моделирование.
7. Техника эксперимента и методика обработки или изложение иных полученных результатов.
8. Интерпретация результатов или их анализ.
9. Выводы, отражающие новизну полученных результатов, показывающих, что цель, поставленная в работе, достигнута.

Требования к оформлению статьи

Статья должна быть предоставлена в электронном виде и компьютерной распечатке (2 экз.) на бумаге формата А4. Шрифт Times New Roman, размер шрифта 12 пт, межстрочный интервал одинарный. Поля: внутри – 2 см, верхнее, нижнее, снаружи – 3 см (зеркальные поля), абзацный отступ первой строки на 0,75 см.

На первой странице статьи слева печатается УДК (размер шрифта 10 пт, прямой, светлый) без отступа. Название статьи печатается по центру (размер шрифта 14 пт, прямой, полужирный, прописной). Ниже, по центру – инициалы, фамилия автора (размер шрифта 12 пт, курсив, полужирный). После фамилий авторов указываются места работы: первая строка – название организации, вторая строка – почтовый адрес (размер шрифта 10 пт, прямой). После адресов указывается электронный адрес контактного автора.

Далее размещается аннотация (выравнивание по ширине, размер шрифта 10 пт, курсив, отступ слева и справа 1 см). Аналогично оформляются ключевые слова. Ключевые слова статьи предоставляются на русском и английском языках. Также необходимо предоставить **авторское резюме** статьи на русском и английском языках (не менее 250-300 слов).

Формулы и отдельные символы набираются с использованием редакторов формул Microsoft Equation или Math Type (не вставлять формулы из пакетов MathCad и MathLab, а также не следует использовать стандартную вставку математических формул или построение собственных формул с помощью библиотеки математических символов).

Иллюстрации. Схемы, графики, диаграммы и т.п. принимаются только в векторных форматах (Word, Excel, Visio, CorelDraw, Adobe Illustrator и др.). Графический материал принимается только в черном-белом изображении, должен быть четким и не требовать перерисовки. Графики должны выделяться линиями разного стиля (**не делать их цветными**) или отмечаться цифрами. Фотографии и скриншоты должны выполняться в растровых форматах (tiff, bmp, png и др.) достаточного расширения (300 dpi) и четкости.

Таблицы и рисунки должны быть вставлены в текст после абзацев, содержащих ссылку на них.

Размеры иллюстраций не должны превышать размеров текстового поля (не более 15 см).

Список литературы оформляется согласно порядку ссылок в тексте (где они указываются в квадратных скобках) и обязательно в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 в двух вариантах:

- 1) на русском;
- 2) на языке оригинала латинскими буквами (References). Если русскоязычная статья была переведена на английский язык и опубликована в английской версии, то необходимо указывать ссылку из переводного источника. Библиографические описания российских публикаций составляются в следующей последовательности: авторы (транслитерация), перевод названия статьи (монографии) в транслитерированном варианте, перевод названия статьи (монографии) на английский язык в квадратных скобках, название источника (транслитерация, курсив), выходные данные с обозначениями на английском языке.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Статья должна быть подписана автором(ами). После подписи автора и даты указываются его фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, должность, место работы, область научных интересов, количество опубликованных работ, телефон, e-mail, домашний адрес.

К статье прилагаются следующие **документы**:

- авторское заявление с указанием рубрики журнала;
- экспертное заключение о возможности опубликования;

Материалы, не соответствующие вышеуказанным требованиям, не рассматриваются.

Адрес для переписки: 424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина 3, ПГТУ,

редакция журнала «Вестник ПГТУ», e-mail: vestnik@volgatech.net

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Подробнее – на сайте ПГТУ: <http://www.volgatech.net>

