

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ № ФС77-74297 от 09.11.2018 г.).

**Индекс по каталогу** «Пресса России» 45818

**Учредитель и издатель:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)» (СПбГЭТУ «ЛЭТИ») Журнал основан в 1998 г.

Издается 6 раз в год.

Включен в RSCI на платформе Web of Science, Ulrichsweb Global Serials Director, Bielefeld Academic Search Engine,

Google Scholar, Library of Congress, Research4life, ResearchBib, WorldCat, The Lens, OpenAIRE. Индексируется и архивируется в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ); соответствует декларации Budapest Open Access Initiative, является членом Directory of Open Access Journals (DOAJ), Crossref.

**Редакция журнала:**

197376, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, д. 5, СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Тел.: 8 (812) 234-10-13,

e-mail: radioelectronic@yandex.ru

**RE.ELTECH.RU**

© СПбГЭТУ «ЛЭТИ», оформление, 2019

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

*ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР*

**Б. А. КАЛИНИКОС**, д.ф.-м.н., проф.,

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В. И. Ульянова (Ленина), С.-Петербург, Россия

*ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ*

**В. М. КУТУЗОВ**, д.т.н., президент, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), С.-Петербург, Россия

*РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:*

**Dieter H. BIMBERG**, PhD, Dr. phil. nat. Dr. h. c. mult., исполн. директор "Bimberg Center of Green Photonics", "Чанчуньский институт оптики, точной механики и физики КАН, г. Чанчунь, Китай

**Anna DZVONKOVSKAYA**, Cand. of Sci. (Phys-Math), R & D разработчик, HELZEL Messtechnik, г. Кальтенкирхен, Германия

**Matthias A. HEIN**, PhD, Dr. Rer. Nat. Habil., Prof., Технический университет, г. Ильменау, Германия

**Jochen HORSTMANN**, PhD, Dr. Rer. Nat., директор департамента, Гельмгольц-центр, г. Гестахт, Германия

**Alexei KANAREYKIN**, Dr. Sci., гл. исполн. директор, Euclid TechLabs LLC, г. Солон (США)

**Erkki LANDEKANTA**, PhD, Prof., Технический университет, г. Лаппеенранта, Финляндия

**Ferran MARTIN**, PhD (Phys.), Prof., Автономный университет, г. Барселона, Испания

**Piotr SAMCZYNSKI**, PhD, DSc, Associate Prof., Варшавский технологический университет, Институт электронных систем, Варшава, Польша

**Thomas SEEGER**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Университет Зигена, г. Зиген, Германия

**А. Г. ВОСТРЕЦОВ**, д.т.н., проф., Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

**С. Т. КНЯЗЕВ**, д.т.н., доц., Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

**А. Н. ЛЕУХИН**, д.ф.-м.н., проф., Марийский государственный технический университет, г. Йошкар-Ола, Россия

**С. Б. МАКАРОВ**, д.ф.-м.н., проф., Санкт-Петербургский государственный политехнический университет им. Петра Великого, С.-Петербург, Россия

**Л. А. МЕЛЬНИКОВ**, д.ф.-м.н., проф., Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А., Саратов, Россия

**А. А. МОНАКОВ**, д.т.н., проф., Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), С.-Петербург, Россия

**А. А. ПОТАПОВ**, д.ф.-м.н., гл.н.с., Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН, Москва, Россия

**Н. М. РЫСКИН**, д.ф.-м.н., гл.н.с., Саратовский филиал ИРЭ РАН, Саратов, Россия

**С. В. СЕЛИЩЕВ**, д.ф.-м.н., проф., НИУ Московский институт электронной техники, Москва, Россия

**А. Л. ТОЛСТИХИНА**, д.ф.-м.н., гл.н.с., Институт кристаллографии им. А. В. Шубникова РАН, Москва, Россия

**А. Б. УСТИНОВ**, д.ф.-м.н., проф., Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), С.-Петербург, Россия

**В. М. УСТИНОВ**, д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН, директор, Центр микроэлектроники и субмикронных гетероструктур РАН, С.-Петербург, Россия

**В. А. ЦАРЕВ**, д.т.н., проф., Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А., Саратов, Россия

**Ю. В. ЮХАНОВ**, д.т.н., проф., Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

*ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ*

**В. А. МЕЙЕВ**, к.т.н., с.н.с., Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), С.-Петербург, Россия

**Цель журнала** – освещение актуальных проблем, результатов прикладных и фундаментальных исследований, определяющих направление и развитие научных исследований в области радиоэлектроники

**Журнал выполняет следующие задачи:**

- предоставлять авторам возможность публиковать результаты своих исследований;
- расширять сферу профессионального диалога российских и зарубежных исследователей;
- способствовать становлению лидирующих мировых

позиций ученых России в области теории и практики радиоэлектроники;

- знакомить читателей с передовым мировым опытом внедрения научных разработок;
- привлечь перспективных молодых специалистов к научной работе в сфере радиоэлектроники;
- информировать читателей о проведении симпозиумов, конференций и семинаров в области радиоэлектроники



Материалы журнала доступны по лицензии Creative Commons Attribution 4.0



# *JOURNAL OF THE RUSSIAN UNIVERSITIES. RADIOELECTRONICS* *IZVESTIYA VYSSHIKH UCHEBNYKH ZAVEDENIJ ROSSII. RADIOELEKTRONIKA*

Registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (PI № FS77-74297 from 09.11.2018).

Subscription index in "Press of Russia" catalogue is 45818

**Founder and publisher:** Saint Petersburg Electrotechnical University (ETU)

Founded in 1998. Issued 6 times a year.

The journal is included in RSCI (Web of Science platform), Ulrichsweb Global Serials Director, Bielefeld Academic Search Engine, Google Scholar, Library of Congress, Research4Life, ResearchBib, WorldCat, The Lens, OpenAIRE.

The journal is indexed and archived in the Russian science citation index (RSCI).

The journal complies with the Budapest Open Access Initiative Declaration, is a member of the Directory of Open Access Journals (DOAJ) and Crossref.

**Editorial address:**

ETU, 5, Prof. Popov Str., 197376, St Petersburg, Russia

Tel.: +7 (812) 234-10-13

E-mail: radioelectronic@yandex.ru **RE.ELTECH.RU**

© ETU, design, 2019

## THE EDITORIAL BOARD

### *EDITOR-IN-CHIEF*

**Boris A. KALINIKOS**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Saint Petersburg Electrotechnical University, St Petersburg, Russia

### *CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD*

**Vladimir M. KUTUZOV**, Dr. Sci. (Eng.), President, Saint Petersburg Electrotechnical University, St Petersburg, Russia

### *EDITORIAL BOARD*

**Dieter H. BIMBERG**, PhD, Dr. phil. nat. Dr. h. c. mult., Executive Director of the "Bimberg Center of Green Photonics", Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics CAS, Changchun, China

**Anna DZVONKOVSKAYA**, Cand. of Sci. (Phys.-Math.), R & D developer, HELZEL Messtechnik, Kaltenkirchen, Germany

**Matthias A. HEIN**, PhD, Dr. Rer. Nat. Habil., Professor, Technical University, Ilmenau, Germany

**Jochen HORSTMANN**, PhD, Dr. Rer. Nat., Head of the Department of Radar Hydrography, Institute for Coastal Research, Helmholtz Zentrum Geesthacht, Geesthacht, Germany

**Alexei KANAREYKIN**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), President/CEO of Euclid TechLabs LLC, Solom, USA

**Sergey T. KNYAZEV**, Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

**Erkki LAHDERANTA**, PhD, Professor, Technical University, Lappeenranta, Finland

**Anatolii N. LEUKHIN**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia

**Sergey B. MAKAROV**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Institute of Physics, Nanotechnology and Telecommunication St Petersburg Polytechnic University, St Petersburg, Russia

**Ferran MARTIN**, PhD (Phys.), Professor, Autonomous University, Barcelona, Spain

**Leonid A. MELNIKOV**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

**Andrey A. MONAKOV**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, State University of Aerospace Instrumentation, St Petersburg, Russia

**Alexandr A. POTAPOV**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Chief Researcher, Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics (IRE) of RAS, Moscow, Russia

**Nikita M. RYSKIN**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Chief Researcher, Saratov Branch, Institute of Radio Engineering and Electronics RAS, Saratov, Russia

**Piotr SAMCZYNSKI**, PhD, DSc, Associate Professor, Warsaw University of Technology, Institute of Electronic Systems, Warsaw, Poland

**Thomas SEEGER**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, University of Siegen, Siegen, Germany

**Sergey V. SELISHCHEV**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, National Research University of Electronic Technology (MIET), Moscow, Russia

**Alla L. TOLSTIKHINA**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Chief Researcher, Divisional Manager, Institute of Crystallography named after A. Shubnikov RAS, Moscow, Russia

**Vladislav A. TSAREV**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (SSTU), Saratov, Russia

**Aleksey B. USTINOV**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Saint Petersburg Electrotechnical University, St Petersburg, Russia

**Victor M. USTINOV**, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Correspondent Member of RAS, director, Submicron Heterostructures for Microelectronics, Research & Engineering Center, RAS, St Petersburg, Russia

**Aleksey G. VOSTRETSOV**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

**Yu V. YUKHANOV**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

### *EXECUTIVE SECRETARY*

**Vladislav A. MEYEV**, Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Saint Petersburg Electrotechnical University, St Petersburg, Russia

**The main aim** of the journal is to highlight the current issues, results of applied and fundamental research, determining the direction and development of scientific research in the field of radioelectronics.

### **The journal objectives are:**

- to provide scientists an opportunity to publish their research results
- to expand a scope of professional dialogue among Russian and foreign researchers
- to contribute to the formation of the leading world positions of Russian scientists in the field of radioelectronics

- to acquaint readers with advanced international experience in the implementation of scientific research
- to attract promising young professionals to scientific work in the field of radioelectronics
- to inform readers about symposia, conferences and seminars in the field of electronics



All the materials of the journal are available under a Creative Commons Attribution 4.0 License

# СОДЕРЖАНИЕ

## Обзорные статьи

### *Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов*

**Кренгель Е. И.** Ретроспективный обзор троичных последовательностей с идеальной периодической автокорреляцией и устройств их генерации.....6

## Оригинальные статьи

### *Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов*

**Воробьев О. В., Рыбаков А. И.** Выбор и использование программной архитектуры действующего протокола передачи данных программно-конфигурируемого радиоканала.....18

### *Электродинамика, микроволновая техника, антенны*

**Можаровский А. В., Артеменко А. А., Масленников Р. О., Вендик И. Б.** Широкополосный волноводно-микрорословоский переход для частотного диапазона 60 ГГц .....31

**Литовский И. А., Маврычев Е. А.** Синтез направленного излучателя в диапазоне 0.9...5.8 ГГц...45

### *Радиолокация и радионавигация*

**Панченко В. А., Телегин В. А., Романова Н. Ю.** Связь ориентации поперечных осей мелкомасштабных анизотропных неоднородностей среднеширотной ионосферы с направлением дрейфа на высотах F-области.....53

### *Квантовая, твердотельная, плазменная и вакуумная электроника*

**Kanareykin A. D.** Low Loss Microwave Ceramic and other Microwave Dielectric Materials for Beam Physics Applications.....66

### *Приборы и системы измерения на основе акустических, оптических и радиоволн*

**Mukhin N. V.** Microfluidic Acoustic Metamaterial SAW Based Sensor.....75

**Mukhin N. V., Kutia M. M.** Thiophene Determination in Liquid Hydrocarbons by In-line Acoustic Measurements.....82

**Холкин В. В., Холкин В. Ю.** Оптическая система контроля расположения элементов высокоточного измерительного стенда.....89

### *Метрология и информационно-измерительные приборы и системы*

**Иванов В. Э., Чье Ен Ун.** Малошумящий программируемый усилитель постоянного тока с дистанционным управлением.....99

**Mosckalev A. A., Rahman A.** Improvement of the Russian National Secondary Standard of the Unit of Length Using Latest Ultra-Stable Laser Equipment.....109

**Правила для авторов статей** .....115

## CONTENTS

### Review articles

#### *Radio Electronic Facilities for Signal Transmission, Reception and Processing*

**Krengel E. I.** Retrospective Review of Perfect Ternary Sequences and their Generators.....6

### Original articles

#### *Radio Electronic Facilities for Signal Transmission, Reception and Processing*

**Vorobyov O. V., Rybakov A. I.** Selection and Application of the Data Transfer Operating Protocol Software Architecture for the Software-Defined Radio..... 18

#### *Electrodynamics, Microwave Engineering, Antennas*

**Mozharovskiy A. V., Artemenko A. A., Maslennikov R. O., Vendik I. B.** Design of Wideband Waveguide-to-Microstrip Transition for 60 GHz Frequency Band.....31

**Litovsky I. A., Mavrychev E. A.** Synthesis of a Radiator in the Frequency Range of 0.9...5.8 GHz.....45

#### *Radiolocation and Radio Navigation*

**Panchenko V. A., Telegin V. A., Romanova N. Yu.** Correlation between the Orientation of Cross-Field Axes of Small-Scale Anisotropic Irregularities in Midlatitude Ionosphere and Drift Direction in the F Region...53

#### *Quantum, Solid-state, Plasma and Vacuum Electronics*

**Kanareykin A. D.** Low Loss Microwave Ceramic and other Microwave Dielectric Materials for Beam Physics Applications.....66

#### *Measuring Systems and Instruments Based on Acoustic, Optical and Radio Waves*

**Mukhin N. V.** Microfluidic Acoustic Metamaterial SAW Based Sensor.....75

**Mukhin N. V., Kutia M. M.** Thiophene Determination in Liquid Hydrocarbons by In-line Acoustic Measurements.....82

**Kholkin V. V., Kholkin V. Yu.** Optical Control System for Displacement Monitoring of the High Precision Measurement Setup Elements.....89

#### *Metrology, Information and Measuring Devices and Systems*

**Ivanov V. E., Chye En Un.** Low Noise Programmable DC Amplifier with Remote Control.....99

**Mosckalev A. A., Rahman A.** Improvement of the Russian National Secondary Standard of the Unit of Length Using Latest Ultra-Stable Laser Equipment..... 109

**Author's Guide**.....115