



Учредитель:

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

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

Журнал включен в RSCI на платформе Web of Science и по решению ВАК Минобрнауки РФ включен в Перечень периодических и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук

Редакция журнала:

197376, Санкт-Петербург,
ул. Проф. Попова, д. 5, СПбГЭТУ «ЛЭТИ».
Тел.: 8 (812) 234-10-13,
e-mail: radioelectronic@yandex.ru
http://re.eltech.ru

Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

197376, Санкт-Петербург,
ул. Проф. Попова, д. 5
Тел. / факс: 8 (812) 346-28-56

© СПбГЭТУ "ЛЭТИ", обложка, издательская страница, содержание, дизайн, 2003



Материалы журнала доступны по лицензии Creative Commons Attribution 4.0

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 Dzvonnkovskaya**, 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 Lahderanta**, 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., член-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



Subscription index in "Press of Russia" catalogue is 45818

doi: 10.32603/1993-8985

Founder:

Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI" (ETU "LETI")

Founded in 1998

Issued 6 times a year

Editorial address:

Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", 5, Prof. Popov Str., 197376, St. Petersburg, Russia
Tel.: +7 (812) 234-10-13
e-mail: radioelectronic@yandex.ru
http://re.eltech.ru

The Journal is registered by Federal Supervision Agency for Information Technologies and Communications (PI No FS77-74297 of 09.11.2018)

ETU "LETI" Publishing house
Professora Popova Str. 5, building. 5J, 197376, St. Petersburg, Russian Federation
Tel./Fax: +7 (812) 346-28-56

Science Editor A. M. Monchak
Editors: E. K. Dolgato, N. V. Lukina, E. I. Tretyakova
Publishing Editor E. K. Dolgato
DTP Professional A. M. Abramova

© ETU "LETI", cover, publishing page, content, design, 2003



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

Editor-in-Chief

Boris A. Kalinikos, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia

Chairman of the Editorial Board

Vladimir M. Kutuzov, Dr. Sci. (Eng.), President, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", 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 "LETI", 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. of Sci. (Eng.), Senior Researcher, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

Оригинальные статьи

—◦ *Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов*

Червинский Е. Н. Синтез полосных фильтров с неравноволновыми амплитудно-частотными характеристиками 5

—◦ *Телевидение и обработка изображений*

Волков В. Ю., Маркелов О. А., Богачев М. И.

Сегментация изображений и селекция объектов на основе многопороговой обработки 24

—◦ *Электродинамика, микроволновая техника, антенны*

Мальцев А. А., Селезнев В. М., Рульков А. С., Болховская О. В.

Сканирующая тороидально-бифокальная линзовая антенная система диапазона 57–64 ГГц..... 36

Можаровский А. В. Разработка линзовой антенны с планарным поляризационным селектором

для систем фиксированной радиосвязи частотного диапазона 28 ГГц..... 48

—◦ *Радиолокация и радионавигация*

Бородин М. А., Михайлов В. Н., Филиппова П. А. Математическая модель доплеровского

спектра сигнала, рассеянного морской поверхностью, при скользящих углах облучения..... 63

Гейстер С. Р., Нгуен Т. Т. Математические модели радиолокационного сигнала, отраженного

от несущего винта вертолета, в приложении к обращенному синтезу апертуры..... 74

—◦ *Микро- и наноэлектроника*

Корнилов Д. Ю. Влияние температуры термического восстановления на структуру

и электрофизические свойства пленок восстановленного оксида графена..... 88

—◦ *Радиофотоника*

Аронов Л. А., Доброленский Ю. С., Ушаков В. Н. О возможности использования периодического

опорного сигнала в гомодинном акустооптическом спектроанализаторе..... 97

—◦ *Приборы медицинского назначения, контроля среды, веществ, материалов и изделий*

Аль-Гаили М. А., Калиниченко А. Н. Оценка глубины анестезии по электроэнцефалограмме

с использованием нейронных сетей..... 106

Мазуров А. И., Потрахов Н. Н. О технологиях рентгеновских систем

для контроля электронных компонентов 113

Nguyen Mau Thach, Nguyen Trong Tuyen, Tran Trong Huu.

Method and System for Assessing of Sportsman’s Physiological Reserves during Physical Exercises..... 122

Правила для авторов статей 130

CONTENTS

Original articles

—◦ **Radio Electronic Facilities for Signal Transmission, Reception and Processing**

Chervinskiy E. N. Design of Band-Pass Filters with Non-Equiripple Frequency Responses..... 5

—◦ **Television and Image Processing**

Volkov V. Yu., Markelov O. A., Bogachev M. I. Image Segmentation and Object Selection Based on Multi-Threshold Processing..... 24

—◦ **Electrodynamics, Microwave Engineering, Antennas**

Maltsev A. A., Seleznev V. M., Rulkov A. S., Bolkhovskaya O. V. Steerable Toroidal Bifocal Lens-Array Antenna in 57–64 GHz Range 36

Mozharovskiy A. V. Design of Lens Antenna with Planar Orthomode Transducer for 28 GHz Fixed Service Communication Systems..... 48

—◦ **Radiolocation and Radio Navigation**

Borodin M. A., Mikhaylov V. N., Filippova P. A. Doppler Spectrum Mathematical Model of Signal Scattering from Sea Surface..... 63

Heister S. R., Thai T. Nguyen. Mathematical Models of the Radar Signal Reflected from a Helicopter Main Rotor in Application to Inverse Synthesis of Antenna Aperture 74

—◦ **Micro and Nanoelectronics**

Kornilov D. Yu. The Influence of the Thermal Reduction Temperature on the Structure and Electrophysical Properties of Reduced Graphene Oxide Films..... 88

—◦ **Radio-Photonic Technology**

Aronov L. A., Dobrolenskii Yu. S., Ushakov V. N. On Using Periodic Reference Signal in Homodyne Acousto-Optic Spectrum Analyzer 97

—◦ **Medical Devices, Environment, Substances, Material And Product Control Equipment**

Al-Ghaili M. A., Kalinichenko A. N. Estimation of the Depth of Anesthesia by Electroencephalogram Using Neural Networks..... 106

Mazurov A. I., Potrakhov N. N. About Technologies of X-Ray Systems for Control of Electronic Components..... 113

Nguyen Mau Thach, Nguyen Trong Tuyen, Tran Trong Huu. Method and System for Assessing of Sportsman's Physiological Reserves during Physical Exercises..... 122

Author's Guide..... 130