

ISSN 1561-5405 (print), 2587-9960 (online)  
DOI: 10.24151/1561-5405



Известия высших учебных заведений.

## ЭЛЕКТРОНИКА

Том 26, № 1, 2021

январь – февраль

Научно-технический журнал

Издается с 1996 г.

Выходит 6 раз в год

**Учредитель и издатель:** *Национальный исследовательский университет «МИЭТ»*

**Главный редактор:** *Чаплыгин Юрий Александрович* – академик РАН, д.т.н., проф., МИЭТ (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-7505-5175

### Редакционная коллегия:

*Гаврилов Сергей Александрович* – заместитель главного редактора, д.т.н., проф., МИЭТ (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-2967-272X

*Бахтин Александр Александрович* – канд.т.н., доц., МИЭТ (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-1107-0878

*Беневоленский Сергей Борисович* – д.т.н., проф., ФГБНУ «Научно-исследовательский институт – Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы» (Москва, Россия), ORCID: 0000-0003-3177-9136

*Быков Дмитрий Васильевич* – д.т.н., проф., Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-4935-7292

*Гаврилов Сергей Витальевич* – д.т.н., проф., Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН (Москва, Россия), ORCID: 0000-0003-0566-4482

*Гапоненко Сергей Васильевич* – акад. НАН Беларуси, д.физ.-мат.н., проф., Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований (Минск, Беларусь), ORCID: 0000-0003-3774-5471

*Горбачев Александр Алексеевич* – акад. РАН, д.физ.-мат.н., проф., Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-1950-356X

*Грибов Борис Георгиевич* – чл.-корр. РАН, д.хим.н., проф., АО «НИИМЭ» (Москва, Россия)

*Коноплев Борис Георгиевич* – д.т.н., проф., Южный федеральный университет (Таганрог, Россия), ORCID: 0000-0003-3105-029X

*Коркишко Юрий Николаевич* – д.физ.-мат.н., проф., НПК «Оптолинк» (Москва, Россия)

*Королёв Михаил Александрович* – д.т.н., проф., МИЭТ (Москва, Россия), ORCID: 0000-0003-3043-1293

*Красников Геннадий Яковлевич* – акад. РАН, д.т.н., проф., АО «НИИМЭ» (Москва, Россия)

*Кубарев Юрий Васильевич* – д.физ.-мат.н., проф., ООО «Центр плазменных и вакуумных технологий» (Москва, Россия)

*Лабунев Владимир Архипович* – акад. НАН Беларуси, иностранный член РАН, д.т.н., проф., Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (Минск, Беларусь), ORCID: 0000-0002-3494-4881

*Максимов Иван Александрович* – PhD, проф., Университет города Лунд (Швеция), ORCID: 0000-0003-1944-4878

*Меликян Вазген Шаваршович* – чл.-корр. НАН Армении, д.т.н., проф., ЗАО «Синописис Армения» (Ереван, Армения), ORCID: 0000-0002-1667-6860

*Неволин Владимир Кириллович* – д.физ.-мат.н., проф., МИЭТ (Москва, Россия), ORCID: 0000-0003-4348-0377

© “Известия вузов. Электроника”, 2021

© МИЭТ, 2021

**Неволин Владимир Николаевич** – д.физ.-мат.н., проф., Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (Москва, Россия)

**Переверзев Алексей Леонидович** – д.т.н., доц., МИЭТ (Москва, Россия),  
ORCID: 0000-0002-5834-5138

**Петросянц Константин Орестович** – д.т.н., проф., Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (Москва, Россия), ORCID: 0000-0001-7969-4786

**Сазонов Андрей Юрьевич** – PhD, проф., Университет Ватерлоо (Канада)

**Сауров Александр Николаевич** – акад. РАН, д.т.н., проф., Институт нанотехнологий микроэлектроники РАН (Москва, Россия), ORCID: 0000-0001-7368-5977

**Селищев Сергей Васильевич** – д.физ.-мат.н., проф., МИЭТ (Москва, Россия),  
ORCID: 0000-0002-5589-7068

**Сигов Александр Сергеевич** – акад. РАН, д.физ.-мат.н., проф., МИРЭА – Российский технологический университет (Москва, Россия), ORCID: 0000-0003-2017-9186

**Сидоренко Анатолий Сергеевич** – акад. АН Молдовы, д.физ.-мат.н., проф.,  
Институт электронной инженерии и нанотехнологий АНМ (Кишинев, Молдова),  
ORCID: 0000-0001-7433-4140

**Телец Виталий Арсеньевич** – д.т.н., проф., Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Москва, Россия), ORCID: 0000-0003-4944-676X

**Тимошенков Сергей Петрович** – д.т.н., проф., МИЭТ (Москва, Россия),  
ORCID: 0000-0001-5411-1804

**Юриш Сергей Юрьевич** – канд.т.н., IFSA Publishing, S.L. (Барселона, Испания),  
ORCID: 0000-0002-1433-260X

**Заведующая редакцией С.Г. Зверева**

**Редактор А.В. Тихонова**

**Научный редактор С.Г. Зверева**

**Корректор И.В. Проскурякова**

**Верстка А.Ю. Рыжков, С.Ю. Рыжков**

**Адрес редакции:** 124498, Россия, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1, МИЭТ

**Тел.:** 8-499-734-6205

**E-mail:** magazine@miee.ru

**http://ivuz-e.ru**

**Адрес издателя:** 124498, Россия, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1, МИЭТ.

**Адрес полиграфического предприятия:** 124498, Россия, г. Москва, г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1, МИЭТ.

Подписано в печать 12.02.2021. Формат бумаги 60×84 1/8. Цифровая печать.

Объем 12,555 усл.печ.л., 12,136 уч.-изд.л. Тираж 150 экз. Заказ № 2. Свободная цена.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 77-72307 от 01.02.2018.

Включен ВАК в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по следующим группам специальностей:

**05.11.00 Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы**

**05.13.00 Информатика, вычислительная техника и управление**

**05.27.00 Электроника**

Включен в Russian Science Citation Index на платформе Web of Science.

Включен в Российский индекс научного цитирования и в Рейтинг Science Index.

Является членом Cross Ref.

*Плата за публикацию статей не взимается.*

**Подписной индекс в каталоге Агентства «Роспечать» – 47570**

## СОДЕРЖАНИЕ

### Элементы интегральной электроники

<i>Юсипова Ю.А., Попов А.И.</i> Спиновые вентили в микроэлектронике. Обзор .....	7
<i>Зеневич А.О., Кочергина О.В.</i> Исследование динамического диапазона кремниевых фотоэлектронных умножителей .....	30

### Схемотехника и проектирование

<i>Якунин А.Н., Аунг Мьо Сан, Кхант Вин.</i> Повышение быстродействия многоразрядного арифметико-логического устройства.....	40
<i>Крупкина Т.Ю., Лосев В.В., Недашковский Л.В., Чаплыгин Ю.А.</i> Исследование методов подавления паразитных составляющих в спектре выходного сигнала СВЧ-квадратурного модулятора .....	54

### Интегральные радиоэлектронные устройства

<i>Ефимов А.Г., Корнеев С.А., Матвеев В.С., Чистюхин В.В.</i> Проектирование многолучевой приемо-передающей апертуры низкоорбитальной космической системы связи .....	64
<i>Гасанов А.Р., Гасанов Р.А., Ахмедов Р.А., Садыгов М.В.</i> Функциональные возможности акустооптической линии задержки за пределами граничной частоты.....	74

### Информационно-коммуникационные технологии

<i>Теплова Я.О.</i> Алгоритмы и методика исследования рабочих характеристик асинхронных двигателей для автоматизации испытаний.....	84
<i>Немченко Д.И., Семаков В.П., Шариков А.И., Шарикова Е.М.</i> Применение алгоритма Джарвиса для сопровождения объекта на изображениях дальнего инфракрасного диапазона .....	92

### Юбилей

К 90-летию со дня рождения Валиева Камиля Ахметовича .....	104
Коноплёву Борису Георгиевичу – 70 лет .....	106

### Конференции

28-я Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика – 2021» .....	4-я стр. обложки
К сведению авторов .....	107

ISSN 1561-5405 (print), 2587-9960 (online)  
DOI: 10.24151/1561-5405



## Proceedings of Universities. ELECTRONICS

Volume 26, No. 1, 2021  
January – February

*The scientific and technical journal*

*Published since 1996*  
**Published 6 times per year**

**Founder and Publisher:** *National Research University of Electronic Technology*

**Editor-in-Chief:** *Yury A. Chaplygin* – Acad. RAS, Dr. Sci. (Eng.), Prof., MIET (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-7505-5175

### Editorial Board:

*Sergey A. Gavrilov* – Deputy Editor-in-Chief, Dr. Sci. (Eng.), Prof., MIET (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-2967-272X

*Aleksandr A. Bakhtin* – Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., MIET (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-1107-0878

*Sergey B. Benevolensky* – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Scientific Research Institute – Federal Research Centre for Projects Evaluation and Consulting Services (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0003-3177-9136

*Dmitri V. Bykov* – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National Research University Higher School of Economics (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-4935-7292

*Sergey V. Gavrilov* – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Institute for Design Problems in Microelectronics of RAS (Moscow, Russian), ORCID: 0000-0003-0566-4482

*Sergey V. Gaponenko* – Acad. NAS of Belarus, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research (Minsk, Belarus), ORCID: 0000-0003-3774-5471

*Aleksandr A. Gorbatsevich* – Acad. RAS, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., P.N. Lebedev Physical Institute of the RAS (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-1950-356X

*Boris G. Gribov* – Cor. Mem. RAS, Dr. Sci. (Chem.), Prof., JSC «NIIME» (Moscow, Russia)

*Boris G. Konoplev* – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Southern Federal University (Taganrog, Russia), ORCID: 0000-0003-3105-029X

*Yury N. Korkishko* – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., SMS «Optolink» (Moscow, Russia)

*Mikhail A. Korolev* – Dr. Sci. (Eng.), Prof., MIET (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0003-3043-1293

*Gennady Y. Krasnikov* – Acad. RAS, Dr. Sci. (Eng.), Prof., JSC «NIIME» (Moscow, Russia)

*Yuri V. Kubarev* – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., LLC «Center for Plasma and Vacuum Technologies» (Moscow, Russia)

*Vladimir A. Labunov* – Acad. NAS of Belarus, Foreign member of RAS, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Belarus), ORCID: 0000-0002-3494-4881

*Ivan A. Maksimov* – PhD, Prof., Lund University (Sweden), ORCID: 0000-0003-1944-4878

*Vazgen S. Melikyan* – Cor. Mem. NAS of Armenia, Dr. Sci. (Eng.), Prof., CJS Company «Sinopsis, Armenia» (Yerevan, Armenia), ORCID: 0000-0002-1667-6860

*Vladimir K. Nevolin* – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., MIET (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0003-4348-0377

© “Proceedings of Universities. Electronics”, 2021  
© MIET, 2021

**Vladimir N. Nevolin** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., P.N. Lebedev Physical Institute of the RAS (Moscow, Russia)  
**Aleksey L. Pereverzev** – Dr. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., MIET (Moscow, Russia),  
 ORCID: 0000-0002-5834-5138  
**Konstantin O. Petrosyantz** – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National Research University Higher School of Economics (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0001-7969-4786  
**Aleksandr N. Saurov** – Acad. RAS, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Institute of Nanotechnology of Microelectronics of the RAS (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0001-7368-5977  
**Andrey Y. Sazonov** – PhD, Prof., University of Waterloo (Canada)  
**Sergey V. Selishchev** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., MIET (Moscow, Russia),  
 ORCID: 0000-0002-5589-7068  
**Anatolie S. Sidorenko** – Acad. AS of Moldova, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Institute of the Electronic Engineering and Nanotechnologies ASM (Chisinau, Moldova),  
 ORCID: 0000-0001-7433-4140  
**Aleksandr S. Sigov** – Acad. RAS, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., MIREA – Russian Technological University (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0003-2017-9186  
**Vitaly A. Telets** – Dr. Sci. (Eng.), Prof., National Research Nuclear University MEPhI (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0003-4944-676X  
**Sergey P. Timoshenkov** – Dr. Sci. (Eng.), Prof., MIET (Moscow, Russia),  
 ORCID: 0000-0001-5411-1804  
**Sergey Yu. Yurish** – Cand. Sci. (Eng.), IFSA Publishing, S.L. (Barcelona, Spain),  
 ORCID: 0000-0002-1433-260X

**Head of editorial staff Zvereva S.G.**  
**Chief editors Tikhonova A.V., Proskuryakova I.V.**  
**Make-up Ryzhkov S.Yu., Ryzhkov A.Yu.**

**Editorial Board's address:** 124498, Russia, Moscow, Zelenograd, Bld. 1, Shokin Square, MIET, editorial office of the Journal «Proceedings of Universities. Electronics»  
**Tel.:** +7-499-734-62-05  
**E-mail:** magazine@mieee.ru  
**http://ivuz-e.ru**

**Publisher's address:** 124498, Russia, Moscow, Zelenograd, Bld. 1, Shokin Square, MIET

**Printery address:** 124498, Russia, Moscow, Zelenograd, Bld. 1, Shokin Square, MIET

Signed to print 12.02.2021. Sheet size 60×84 1/8. Digital printing. Conventional printed sheets 12,555. Number of copies 150. Order no. 2. Free price.  
 The media registration certificate ПИ № ФС 77-72307 of 01.02.2018.

The journal is included into the List of reviewed scientific publications, in which the main scientific results of thesis for candidate of science and doctor degrees must be published for the following groups of specialties:

**05.11.00 Instrumentation, metrology and information-measuring devices and systems**  
**05.13.00 Computer science, computer engineering and management**  
**05.27.00 Electronics**

The journal is included into the Russian Science Citation Index on the Web of Science basis.  
 The journal is included into the Russian index of scientific citing and into the Rating Science Index.  
 Is the member of Cross Ref.

*The fee for the publication of articles is not charged.*

**The subscription index in catalogue of Agency Rospechat – 47570**

## CONTENTS

### Integrated electronics elements

<i>Iusipova Iu.A., Popov A.I.</i> Spin Valves in Microelectronics. Review .....	7
<i>Zenevich A.O., Kochergina O.V.</i> Investigation of Dynamic Range of Silicon Photoelectric Multipliers .....	30

### Circuit engineering and design

<i>Yakunin A.N., Aung Myo San, Khant Win.</i> Improving Performance of a Multi-Bit Arithmetic Logic Unit.....	40
<i>Krupkina T.Yu., Losev V.V., Nedashkovskiy L.V., Chaplygin Yu.A.</i> Research of Methods for Suppression of Parasitic Components in RF Quadrature Modulator Output Signal Spectrum.....	54

### Integrated radioelectronic devices

<i>Efimov A.G., Korneev S.A., Matveev V.S., Chistyukhin V.V.</i> Designing Multi Beam Receiving and Transmitting Aperture LEO Space Communication Systems .....	64
<i>Hasanov A.R., Hasanov R.A., Ahmadov R.A., Sadikhov M.V.</i> Functionality of the Acousto-Optic Delay Line Beyond the Cutoff Frequency .....	74

### Information-communication technologies

<i>Teplova Ya.O.</i> Algorithms and Methods for Induction Motors Performance Research Based on Testing Automation.....	84
<i>Nemchenko D.I., Semakov V.P., Sharikov A.I., Sharikova E.M.</i> Application of Jarvis Algorithm for Tracking Object on Images of Far Infrared Range .....	92

### Anniversaries

To the 90th anniversary of the birth of Valiev Kamil Akhmetovich.....	104
Konoplev Boris Georgievich is 70 years old.....	106

### Conferences

28th All-Russian Interuniversity Scientific and Technical Conference of Students and Graduate Students «Microelectronics and Informatics – 2021» .....	4 cover page
Instructions for authors .....	107