

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



## Известия высших учебных заведений. ЭЛЕКТРОНИКА

Том 27, № 3, 2022  
май – июнь

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

**Беспалов Владимир Александрович** – чл.-корр. РАН, д.т.н., проф., МИЭТ (Москва, Россия)

**Боргардт Николай Иванович** – д.физ.-мат.н., проф., МИЭТ (Москва, Россия)

**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

**Гагарина Лариса Геннадьевна** – д.т.н., проф., МИЭТ (Москва, Россия), ORCID: 0000-0001-7591-9175

**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

**Душкин Александр Викторович** – д.т.н., доц., МИЭТ (Москва, Россия)

**Коноплёв 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)

**Лабунцов 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

**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

**Неволин Владимир Николаевич** – д.физ.-мат.н., проф., Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Москва, Россия)

© «Известия вузов. Электроника», 2022

© МИЭТ, 2022

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

**Петросяниц 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

**Светухин Вячеслав Викторович** – чл.-корр. РАН, д.физ.-мат.н., проф.,  
НПК «Технологический центр» (Москва, Россия)

**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

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

**Хорев Анатолий Анатольевич** – д.т.н., проф., МИЭТ (Москва, Россия)

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

**Заведующая редакцией И. М. Доронина**

**Редактор А. В. Тихонова**

**Корректор И. В. Проскуракова**

**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 17.06.2022. Формат бумаги 60×84 1/8. Цифровая печать.

Объем 16,74 усл.печ.л., 14,248 уч.-изд.л. Тираж 130 экз. Заказ № 5. 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 Crossref.

*Плата за публикацию статей не взимается.*

**Подписной индекс в каталоге «Пресса России» ООО «Агентство «Книга-Сервис» – 38934.**

**Подписной индекс в каталоге «Периодические издания. Газеты и журналы»**

**ООО «Урал-Пресс Округ» – 47570.**

## СОДЕРЖАНИЕ

### Материалы электроники

- Тимкаева Д. А.* Моделирование транспортных свойств одномерного ван-дер-ваальсового гетероперехода, образованного углеродной нанотрубкой и нанотрубкой MoS<sub>2</sub> ..... 283

### Технологические процессы и маршруты

- Алексеев А. В., Каковкина Ю. И., Кузьмин Д. А., Рязанов Р. М., Столбов Д. Н., Лебедев Е. А., Громов Д. Г.* Электрофоретическое осаждение композитного электродного материала суперконденсатора из малослойных графитовых фрагментов и Ni(OH)<sub>2</sub> ..... 290

### Элементы интегральной электроники

- Дворников О. В., Чеховский В. А., Прокопенко Н. Н., Галкин Я. Д., Куниц А. В., Чумаков В. Е.* Радиационно стойкие компоненты полужаказных аналоговых микросхем ..... 308
- Гагарина Л. Г., Рубцов Ю. В.* Особенности разработки метода классификации плоских QFN-корпусов для применения в составе автоматизированных систем технической подготовки производства изделий микроэлектроники ..... 322

### Схемотехника и проектирование

- Щучкин Е. Ю.* Методика автоматизированного проектирования DC-DC-преобразователей с учетом паразитных параметров печатной платы ..... 333
- Чердинцев А. А.* Прогнозирующая система управления повышающего DC-DC-преобразователя с оптимизацией рабочей частоты ..... 344
- Степченко Ю. А., Морозов Н. В., Дьяченко Ю. Г., Хилько Д. В., Степченко Д. Ю., Шикун Ю. И.* Аппаратная реализация алгоритмов цифровой обработки сигналов в рекуррентном потоковом процессоре на ПЛИС ..... 356
- Grigoryan M. T.* High-speed decision feedback equalizer with low input capacitance dynamic latch comparators  
(*Григорян М. Т.* Высокоскоростной эквалайзер обратной связи с динамическими компараторами, имеющий низкую входную емкость) ..... 367
- Melikyan V. Sh., Gumroyan H. V., Shaljan D. S., Manucharyan D. V.* A voltage control system for a low-power devices to address transistor overstress in I2C systems  
(*Меликян В. Ш., Гумроян Р. В., Шалджян Д. С., Манучарян Д. В.* Система управления напряжением для уменьшения перенапряжения транзисторов в маломощных устройствах, подключенных к системе I2C) ..... 374

### Интегральные радиоэлектронные устройства

- Пантенков Д. Г., Гусаков Н. В., Ломакин А. А.* Методический подход к радиоконтролю сигналов спутниковой связи с оценкой требуемых энергетических характеристик приемных станций ..... 382

### Информационно-коммуникационные технологии

- Шевнина Ю. С.* Метод оценки состояния нелинейной системы на основе логического анализа данных ..... 407
- Памяти Быкова Дмитрия Васильевича ..... 416

### Конференции

- Харач О. Г., Махиборода М. А.* Об итогах 29-й Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика – 2022» ..... 418
- XI Всероссийская научно-техническая конференция «Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем» (МЭС-2022) ..... 420

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



## Proceedings of Universities. ELECTRONICS

Volume 27, No. 3, 2022  
May – June

*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

*Vladimir A. Bespalov* – Cor. Mem. RAS, Dr. Sci. (Eng.), Prof., MIET (Moscow, Russia)

*Nikolay I. Borgardt* – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., MIET (Moscow, Russia)

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

*Alexandr V. Dushkin* – Dr. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., MIET (Moscow, Russia)

*Larisa G. Gagarina* – Dr. Sci. (Eng.), Prof., MIET (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0001-7591-9175

*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

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

*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

*Anatoly A. Horev* – Dr. Sci. (Eng.), Prof., MIET (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., Optolink LLC (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)

*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

*Vazgen S. Melikyan* – Cor. Mem. NAS of Armenia, Dr. Sci. (Eng.), Prof., CJSC Company “Synopsys Armenia” (Yerevan, Armenia), ORCID: 0000-0002-1667-6860

© “Proceedings of Universities. Electronics”, 2022  
© MIET, 2022

**Vladimir K. Nevolin** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., MIET (Moscow, Russia),  
ORCID: 0000-0003-4348-0377  
**Vladimir N. Nevolin** – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., National Research Nuclear University MEPhI (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  
**Vyacheslav V. Svetukhin** – Cor. Mem. RAS, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., SMC “Technological Centre” (Moscow, Russia)  
**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** *Doronina I. M.*  
**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@miee.ru  
<http://ivuz-e.ru>

**Publisher’s and printery addresses:** 124498, Russia, Moscow, Zelenograd, Bld. 1, Shokin Square, MIET.

Signed to print 17.06.2022. Sheet size 60×84 1/8. Digital printing. Conventional printed sheets 17,205. Number of copies 130. Order no. 5. 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 Crossref.

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

**The subscription index in catalogue “Russian Press” LLC “Agency “Book-Service” – 38934.**  
**The subscription index in catalogue “Periodicals. Newspapers and magazines”**  
**LLC “Ural-Press Okrug” – 47570.**



## CONTENTS

### Electronics materials

- Timkaeva D. A.* Modeling transport properties of a one-dimensional van der Waals heterojunction formed by a carbon nanotube and a MoS<sub>2</sub> nanotube ..... 283

### Technological processes and routes

- Alekseyev A. V., Kakovkina Yu. I., Kuzmin D. A., Ryazanov R. M., Stolbov D. N., Lebedev E. A., Gromov D. G.* Electrophoretic deposition of the composite electrode material of few-layer graphite nanoflakes and Ni(OH)<sub>2</sub> supercapacitor ..... 290

### Integrated electronics elements

- Dvornikov O. V., Tchekhovskiy V. A., Prokopenko N. N., Galkin Ya. D., Kunts A. V., Chumakov V. E.* Radiation-hardened components of semi-custom analog microcircuits ..... 308
- Gagarina L. G., Rubtsov Yu. V.* Features of the development of a method for classifying flat QFN packages for use as part of design-for-manufacturing systems in microelectronics industry ..... 322

### Circuit engineering and design

- Shchuchkin E. Yu.* DC-DC design automation method with consideration for parasitic parameters of PCB ..... 333
- Cherdintsev A. A.* Predictive control system of a DC-DC boost converter with optimization of the operating frequency ..... 344
- Stepchenkov Yu. A., Morozov N. V., Diachenko Yu. G., Khilko D. V., Stepchenkov D. Yu., Shikunov Yu. I.* Hardware implementation of the digital signal processing algorithms in recurrent signal processor on FPGA ..... 356
- Grigoryan M. T.* High-speed decision feedback equalizer with low input capacitance dynamic latch comparators ..... 367
- Melikyan V. Sh., Gumroyan H. V., Shalijyan D. S., Manucharyan D. V.* A voltage control system for a low-power devices to address transistor overstress in I2C systems ..... 374

### Integrated radioelectronic devices

- Pantenkov D. G., Gusakov N. V., Lomakin A. A.* Methodological approach to conducting radio monitoring of satellite communication signals with an evaluation of the required energy characteristics of receiving stations ..... 382

### Information-communication technologies

- Shevnina Ju. S.* Method for estimating the state of a nonlinear system based on logical data analysis . 407
- In memory of Bykov Dmitry Vasilyevich ..... 416

### Conferences

- Harach O. G., Makhiboroda M. A.* About the results of the 29 all-Russian interuniversity scientific and technical conference of students and graduate students “Microelectronics and informatics – 2022”. 418
- XI All-Russian scientific and technical conference “Problems of development of advanced micro- and nanoelectronic systems” ..... 420