



# Известия высших учебных заведений ЭЛЕКТРОНИКА

## Том 23 № 1

### 2018 январь–февраль

#### Учредитель:

Национальный  
исследовательский  
университет «МИЭТ»

#### Главный редактор

Чаплыгин Ю.А., академик РАН,  
д.т.н., проф.

#### Зам. главного редактора

Гаврилов С.А., д.т.н., проф.

#### Редакционная коллегия:

Бархоткин В.А., д.т.н., проф.

Бахтин А.А., канд. т. н., доц.

Быков Д.В., д.т.н., проф.

Гапоненко С.В., акад. НАН Беларуси,  
д.ф.-м.н., проф. (Беларусь)

Горбачевич А.А., чл.-корр. РАН,  
д.ф.-м.н., проф.

Грибов Б.Г., чл.-корр. РАН,  
д.х.н., проф.

Конюх В.Г., д.т.н., проф.

Коркишко Ю.Н., д.ф.-м.н., проф.

Королёв М.А., д.т.н., проф.

Красников Г.Я., акад. РАН,  
д.т.н., проф.

Кубарев Ю.В., д.ф.-м.н., проф.

Лабунюк В.А., акад. НАН Беларуси,  
инстр. чл. РАН, д.т.н.,  
проф. (Беларусь)

Максимов И.А., PhD, проф.  
Лундского университета  
(Швеция)

Меликян В.Ш., чл.-корр. НАН Армении,  
д.т.н., проф. (Армения)

Неволин В.К., д.ф.-м.н., проф.

Неволин В.Н., д.ф.-м.н., проф.

Петросянц К.О., д.т.н., проф.

Сазонов А.Ю., PhD, проф.  
Университета Ватерлоо  
(Канада)

Сауров А.Н., акад. РАН, д.т.н., проф.

Селищев С.В., д.ф.-м.н., проф.

Сизов А.С., акад. РАН, д.ф.-м.н., проф.

Сидоренко А.С., акад. АН Молдовы,  
д.ф.-м.н., проф. (Молдова)

Таиров Ю.М., д.т.н., проф.

Телец В.А., д.т.н., проф.

Тимошенко С.П., д.т.н., проф.

Усанов Д.А., д.ф.-м.н., проф.

#### Научно-технический журнал

Издается с 1996 г.

Выходит 6 раз в год

## СОДЕРЖАНИЕ

### Фундаментальные исследования

- Усанов Д.А., Постельга А.Э., Гуров К.А. Измерение эффективных масс электропроводности и плотности состояний бесконтактными сверхвысокочастотными методами ..... 5

### Технологические процессы и маршруты

- Егоркин В.И., Земляков В.Е., Неженцев А.В., Гармаш В.И. Исследование методов вжигания омических контактов к  $n$ -слоям гетеробиполярных наногетероструктур ..... 15
- Поголов А.И., Блинов Г.А., Чугунов Е.Ю. Моделирование клеевых соединений для обеспечения надежности трехмерных микроэлектронных модулей ..... 23

### Элементы интегральной электроники

- Рыбаков А.А., Резниченко Н.Е. Измерение нелинейности АЦП при входном сигнале неполной шкалы ..... 32

### Схемотехника и проектирование

- Иванова Г.А., Рыжова Д.И. Методы повышения точности моделирования задержек и пиковых токов комбинационных КМОП-схем на логическом уровне проектирования ..... 40

### Микро- и наносистемная техника

- Аунг Тхура, Симонов Б.М., Тимошенко С.П. Исследование балочных резонаторов для частотных акселерометров с учетом термоупругого демпфирования и остаточного напряжения ..... 52

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

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

Адрес полиграфического предпри-  
ятия: 124498, Россия, г. Москва,  
г. Зеленоград, пл. Шокина, д. 1,  
МИЭТ.

Подписано в печать 12.02.2018.  
Формат бумаги 60×84 1/8.  
Цифровая печать.  
Объем 12,555 усл.печл.,  
11,636 уч.-издл.  
Тираж 180 экз.  
Заказ № 1.  
Свободная цена.

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

Включен в Перечень рецензируе-  
мых научных изданий, в которых  
должны быть опубликованы основ-  
ные научные результаты диссертаций  
на соискание ученой степени кандида-  
та наук, на соискание ученой степени  
доктора наук.

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

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

Является членом Cross Ref.

**Рябов В.Т., Дюжнев Н.А., Новиков Д.В.** Автоматизация  
процесса измерения параметров чувствительных эле-  
ментов датчиков расхода газа ..... 62

#### **Биомедицинская электроника**

**Пономарев О.П., Пономарев В.О.** Моделирование ло-  
кальных электромагнитных полей в нанобиокомплексах  
на основе квантовых точек InP/ZnS ..... 72

#### **Информационно-коммуникационные технологии**

**Волков А.С., Бахтин А.А., Миронов А.В., Муратчаев С.С.,  
Заболотный А.С.** Моделирование процедуры восста-  
новления маршрута в беспроводных сетях MANET ..... 84

#### **Краткие сообщения**

**Сергеев В.А., Тарасов Р.Г., Куликов А.А.** Выборочные  
распределения субмодулей выходных усилителей мощ-  
ности АФАР X-диапазона по энергетическим парамет-  
рам ..... 93

**Акиншин Н.С., Хомяков Д.А., Меньшиков В.Л.** Мно-  
гофункциональная сейсмоакустическая информационно-  
измерительная система для обнаружения движущихся  
наземных объектов ..... 98

**Алексахин А.В., Гулидов Д.Н.** Автоматизированная  
система выбора оптимального технологического про-  
цесса резки слитков полупроводниковых и диэлектриче-  
ских материалов на пластины ..... 103

#### **Юбилей**

Бархоткину Вячеславу Александровичу – 80 лет ..... 107

A

# Proceedings of Universities. ELECTRONICS

## Volume 23 No. 1

### 2018 January–February

**Founder:**

**The National  
Research University  
of Electronic Technology**

**Editor-in-Chief**

*Chaplygin Yu.A., Dr. Sci. (Tech.),  
Prof., Acad. RAS*

**Deputy Editor-in-Chief**

*Gavrilov S.A., Dr. Sci. (Tech.),  
Prof.*

**Editorial Board:**

*Barhotkin V.A., Dr. Sci. (Tech.), Prof.*

*Bakhtin A.A., Cand. Sci. (Tech.)*

*Bykov D.V., Dr. Sci. (Tech.), Prof.*

*Gaponenko S.V. (Belarus),  
Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.,  
Acad. NAS*

*Gorbatsevich A.A., Dr. Sci. (Phys.-Math.),  
Prof., Cor. Mem. RAS*

*Gribov B. G., Dr. Sci. (Chem.), Prof.*

*Konoplev B.G., Dr. Sci. (Tech.), Prof.*

*Korkishko Yu.N., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.*

*Korolev M.A., Dr. Sci. (Tech.), Prof.*

*Krasnikov G.Ya., Dr. Sci. (Tech.), Prof.,  
Acad. RAS*

*Kubarev Yu.V., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.*

*Labunov V.A. (Belarus),  
Dr. Sci. (Tech.), Prof.,  
Acad. NAS, For. memb. of the RAS*

*Maksimov I.A. (Sweden), PhD, Prof.  
of Lund University*

*Melikyan V.Sh. (Armenia), Dr. Sci. (Tech.),  
Prof., Cor. Mem. NAS*

*Nevolin V.K., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.*

*Nevolin V.N., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.*

*Petrosyants K.O., Dr. Sci. (Tech.), Prof.*

*Sazonov A.Yu. (Canada), PhD,  
Prof. of University of Waterloo*

*Saurov A.N., Dr. Sci. (Tech.), Prof.,  
Acad. RAS*

*Selishchev S.V., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.*

*Sigov A.S., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.,  
Acad. AS*

*Sidorenko A.S. (Moldova),  
Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.,  
Acad. AS*

*Tairov Yu.M., Dr. Sci. (Tech.), Prof.*

*Telets V.A., Dr. Sci. (Tech.), Prof.*

*Timoshenkov S.P., Dr. Sci. (Tech.), Prof.*

*Usanov D.A., Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.*

*The scientific-technical journal*

*Published since 1996*

**Published 6 times per year**

## CONTENTS

### Fundamental researches

- Usanov D.A., Postelga A.E., Gurov K.A.* Measurement of Effective Masses of Electric Conductivity and Density of States by No-Contact Microwave-Frequency Methods. .... 5

### Technological processes and routes

- Egorkin V.I., Zemlyakov V.E., Nezhentsev A.V., Garmash V.I.* Investigation of RTA Ohmic Contacts Methods to *n*-Layers of Heterobipolar Nanoheterostructures ..... 15

- Pogalov A.I., Blinov G.A., Chugunov E.Y.* Modeling of Adhesive-Bonded Joints to Ensure Reliability of Three-Dimensional Microelectronic Modules ..... 23

### Integrated electronics elements

- Rybakov A.A., Reznichenko N.E.* Histogram Measurement of ADC Nonlinearities Using Incomplete Scale Sinewaves ... 32

### Circuit engineering and design

- Ivanova G.A., Ryzhova D.I.* Methods of Improving Accuracy of Delays and Peak Currents Simulation of Combinational CMOS Circuits at Logical Level ..... 40

### Micro- and nanosystem technology

- Aung Thura, Simonov B.M., Timoshenkov S.P.* Research of Change in Natural Frequencies of Bar Resonators under Influence of Thermoplastic Damping and Residual Stress .... 52

- Ryabov V.T., Djuzhev N.A., Novikov D.V.* Automation of Process of Measuring Parameters of Sensitive Elements of Gas Consumption Actuators ..... 62

**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@miec.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 12.02.2018.

Sheet size 60×84 1/8.

Digital printing.

Conventional printed sheets 12,555.

Number of copies 180.

Order no. 1.

Free price.

The journal is printed at the printing  
 workshop of the MIET

124498, Russia, Moscow, Zelenograd,  
 Bld. 1, Shokin Square, MIET

**The registration certificate**

ИИ № 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.

The journal is included into the Rus-  
 sian index of scientific citing and into the  
 Rating Science Index.

The journal is included into the Rus-  
 sian Science Citation Index on the Web  
 of Science basis.

Is the member of Cross Ref.

**Biomedical electronics**

*Ponomarev O.P., Ponomarev V.O.* Modeling of Electro-  
 magnetic Fields in Nano-Biocomplexes Based on InP/ZnS  
 Quantum Dots ..... 72

**Information-communication technologies**

*Volkov A.S., Bakhtin A.A., Mironov A.V., Muratchaev S.S.,*  
*Zabolotnii A.S.* Modeling Procedure of Route Restoration in  
 MANET ..... 84

**Brief reports**

*Sergeev V.A., Tarasov R.G., Kulikov A.A.* Sampling Dis-  
 tributions of Output Power Amplifiers of X-Band Active  
 Phased Array Antennas on Power Parameters ..... 93

*Akinshin N.S., Khomyakov D.A., Menshikov V.L.* Multi-  
 functional Seismic-Acoustic Information-Measuring System  
 for Detecting Moving Ground Objects ..... 98

*Aleksakhin A.V., Gulidov D.N.* Automated System for Se-  
 lecting Optimal Process Technology for Cutting Ingots of  
 Semiconductor and Dielectric Materials onto Plates..... 103