

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



Известия высших учебных заведений.

ЭЛЕКТРОНИКА

Том 25, № 1, 2020

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”, 2020

© МИЭТ, 2020

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

Петросянец 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 микро-электроники 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

Таиров Юрий Михайлович – д.т.н., проф., Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (Санкт-Петербург, Россия)

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

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 11.02.2020. Формат бумаги 60×84 1/8. Цифровая печать.

Объем 11,16 усл.печ.л., 11,032 уч.-изд.л. Тираж 180 экз. Заказ № 7. 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 Российский индекс научного цитирования и в Рейтинг Science Index.

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

Является членом Cross Ref.

Плата за публикацию статей не взимается.

Подписной индекс в каталоге Агентства «Роспечать» – 47570

СОДЕРЖАНИЕ

Материалы электроники

<i>Бражке Р.А., Долгов Д.А.</i> Метод определения упругих характеристик графена и других 2D наноаллотропов	7
--	---

Технологические процессы и маршруты

<i>Белостоцкая С.О., Кузнецов Е.В., Рыбачек Е.Н., Губанова О.В.</i> Латеральная рекристаллизация наноструктур аморфного кремния с использованием силицида никеля	19
<i>Новак А.В., Новак В.Р.</i> Исследование процесса электрохимического стоп-травления кремния при изготовлении кантилеверов	31

Элементы интегральной электроники

<i>Исмаил-Заде М.Р.</i> SPICE-модели JFET и MOSFET в широком диапазоне температур	40
---	----

Схемотехника и проектирование

<i>Гаврилов С.В., Железников Д.А., Чочаев Р.Ж.</i> Разработка и сравнительный анализ методов решения задачи размещения для реконфигурируемых систем на кристалле	48
--	----

Биомедицинская электроника

<i>Телышев Д.В.</i> Прогнозирование и оценка надежности аппаратов механического замещения функции сердца	58
--	----

Краткие сообщения

<i>Зайнабидинов С., Назиров Д.Э.</i> Влияние термического воздействия на электрофизические свойства кремния, легированного редкоземельными элементами	69
<i>Ефимов А.Г., Каменев А.Г., Корнеев С.А., Чистюхин В.В.</i> Принципы проектирования бортовых многолучевых приемных АФАР систем спутниковой связи	73
<i>Комаров В.Т.</i> СВЧ-усилитель мощности до 100 Вт на GaN-транзисторах в режиме большого сигнала	78
<i>Мьо Мин Тхант, Романюк В.А., Гуминов Н.В.</i> Влияние емкостей HEMT-транзистора на основные параметры усилителей СВЧ	83
Памяти Таирова Юрия Михайловича	89

Юбилей

Саурову Александру Николаевичу – 60 лет	91
---	----

Конференции

Об итогах Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы информатизации в цифровой экономике и научных исследованиях – 2019»	92
27-я Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика – 2020»	94
3 rd International Conference on Microelectronic Devices and Technologies (MicDAT ²⁰²⁰), 17–19 June 2020, Tenerife (Canary Islands), Spain	4-я стр. обложки
К сведению авторов	95

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



Proceedings of Universities. ELECTRONICS

Volume 25, No. 1, 2020
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. Gorbatshevich – 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 «Synopsis, 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”, 2020
© MIET, 2020

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
Yury M. Tairov – Dr. Sci. (Eng.), Prof., Saint-Petersburg Electrotechnical University (LETI) (St. Petersburg, 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 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@miee.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 11.02.2020. Sheet size 60×84 1/8. Digital printing. Conventional printed sheets 11,16. Number of copies 180. Order no. 7. 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 index of scientific citing and into the Rating Science Index.
 The journal is included into the Russian Science Citation Index on the Web of Science basis.
 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

Electronics materials

<i>Brazhe R.A., Dolgov D.A.</i> Method of Finding Elastic Characteristics of Graphene and Other 2D Nanoallotropes.....	7
--	---

Technological processors and routes

<i>Belostotskaya S.O., Kuznetsov E.V., Rybachek E.N., Gubanova O.V.</i> Lateral Crystallization of Amorphous Silicon Nanowires Using NickelSilicide	19
<i>Novak A.V., Novak V.R.</i> Investigation of Electrochemical Stop-Etching Process of Silicon at Cantilevers Fabrication	31

Integrated electronics elements

<i>Ismail-Zade M.R.</i> JFET and MOSFET Spice Models in Wide Temperature Range	40
--	----

Engineering and design

<i>Gavrilov S.V., Zheleznikov D.A., Chochaev R.Z.</i> Development and Comparative Analysis of Placement Methods for Reconfigurable Systems-on-a-Chip	48
--	----

Biomedical electronics

<i>Telyshev D.V.</i> Mechanical Circulatory Support Systems Reliability Prediction and Assessment	58
---	----

Brief reports

<i>Zaynabidinov S., Nazirov D.E.</i> The Effect of Thermal Treatments on the Electrophysical Properties of Silicon Doped by Rare-Earth Elements.....	69
<i>Efimov A.G., Kamenev A.G., Korneev S.A., Chistyukhin V.V.</i> Multi-Beam Receiving APAA Space Communication Systems	73
<i>Komarov V.T.</i> Amplifier of Power up to 100 Wt Based on GAN Transistors in Large Signal Mode	78
<i>Myo Min Thant, Romanyuk V.A., Guminov N.V.</i> Effect of HEMPT Capacitances on Microwave Amplifier Main Parameters	83
In memory of Tairov Yuri Mikhailovich.....	89

Anniversaries

Saurov Aleksandr Nikolaevich is 60 years old.....	91
---	----

Conferences

Results of the International Scientific and Practical Conference «Actual Problems of Informatization in the Digital Economy and Research – 2019»	92
27th All-Russian Interuniversity Scientific and Technical Conference of Students and Graduate Students «Microelectronics and Informatics – 2020».....	94
3 rd International Conference on Microelectronic Devices and Technologies (MicDAT`2020), 17–19 June 2020, Tenerife (Canary Islands), Spain.....	4 cover page
Instructions for authors	95