



**X Юбилейная Всероссийская с международным участием  
научно-техническая конференция  
«Проблемы разработки перспективных  
микро- и нанoeлектронных систем» (МЭС-2021)**

*Очередная X Юбилейная Всероссийская с международным участием конференция «Проблемы разработки перспективных микро- и нанoeлектронных систем» (МЭС-2021) проводится с марта по ноябрь 2021 г. в виде интернет-форума с заседаниями научных секций разной тематической направленности в онлайн-режиме. Прием докладов осуществляется с 1 марта по 1 августа 2021 г.*

*Конференция завершится проведением очного пленарного заседания, а также работой секции «Презентации новых микроэлектронных проектов, САПР и готовых продуктов», на которой партнеры и спонсоры конференции представят доклады о своих разработках.*

**Организаторы конференции:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук, Казенное предприятие города Москвы «Корпорация развития Зеленограда».

**Оператор конференции:** Межрегиональная общественная организация «Московское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова».

**Учредители конференции:** Российская академия наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Российский фонд фундаментальных исследований, Правительство г. Москвы, Префектура Зеленоградского АО г. Москвы, ОА «Концерн радиостроения «Вега», МИРЭА – Российский технологический университет, Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Южный федеральный университет, Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники.

**Официальные партнеры и спонсоры:** Фонд «Сколково», Фонд инфраструктурных и образовательных программ Роснано, фирма Intel, АО «ПКК Миландр», АО «Мегратек» и другие организации.

Конференция МЭС-2021 посвящена актуальным вопросам автоматизации проектирования микроэлектронных систем, систем на кристалле, сложнофункциональных блоков и новой элементной базы микро- и нанoeлектроники.

Принятые доклады будут опубликованы на сайте конференции, а также в четырех выпусках трудов конференции. Будут проведены конкурсы на лучшие доклады с призами для победителей.

Сборник трудов конференции МЭС 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.

Более подробную информацию о конференции можно получить на сайте: <http://www.mes-conference.ru>

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



Известия высших учебных заведений.

**ЭЛЕКТРОНИКА**

**Том 26, № 3-4, 2021**

**май – июнь**

**июль – август**

*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., Академия инженерных наук им. А.М. Прохорова (Москва, Россия)

*Лабунов 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

**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 22.06.2021. Формат бумаги 60×84 1/8. Цифровая печать.

Объем 16,275 усл.печ.л., 14,58 уч.-изд.л. Тираж 200 экз. Заказ № 4. 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 «Пресса России» ООО «Агентство «Книга-Сервис» – 38934**

## СОДЕРЖАНИЕ

### Материалы электроники

- Виздорович Е.Н.** Прогнозирование условий хлоридно-гидридной эпитаксии слоев  $\text{Ga}_{1-y}\text{In}_y\text{As}_{1-x}\text{P}_x$ , изопериодных с GaAs и  $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$  ..... 207
- Зайцева Ю.С., Боргардт Н.И., Приходько А.С., Zallo E., Calarco R.** Электронно-микроскопические исследования структуры тонких эпитаксиальных слоев  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ , выращенных на подложке Si(111) ..... 214

### Технологические процессы и маршруты

- Abazyan S.S., Melikyan V.Sh.** Power and Ground Metal Insertion into Integrated Circuit Design Combined with Timing Aware Dummy Metal Fill Insertion  
(**Абазян С.С., Меликян В.Ш.** Конструирование шин питания и заземления в интегральной схеме с вставкой фиктивного металлического заполнителя с учетом временных параметров) ..... 226
- Новак А.В., Новак В.Р., Румянцев А.В.** Особенности процесса изготовления кремниевых игл для кантилеверов ..... 234
- Тихонов Р.Д., Поломошнов С.А., Амеличев В.В., Черемисинов А.А., Ковалев А.М.** Формирование пленок тройной системы CoNiFe электрохимическим осаждением ..... 246
- Чугунов Е.Ю., Погалов А.И., Тимошенков С.П.** Инженерные расчеты узлов и сборок изделий микроэлектронной техники с применением конечно-элементного моделирования ..... 255
- Каракеян В.И., Харламов Н.Р., Рябышенков А.С.** Оценка профессиональных рисков в технологических помещениях на предприятии микроэлектроники ..... 265

### Схемотехника и проектирование

- Melikyan V.Sh., Gevorgyan V.S.** High Accuracy Two-Step Flash ADC with Changeable Comparison Range Using Latch Based Comparator  
(**Меликян В.Ш., Геворгян В.С.** Высокоточный двухступенчатый АЦП с изменяемым диапазоном сравнения с использованием компаратора на основе защелки) ..... 273
- Волобуев С.В., Рябцев В.Г.** Особенности интерфейса устройства тестового диагностирования памяти DDR SDRAM ..... 282

### Информационно-коммуникационные технологии

- Степанов Н.В.** Оценка вероятности выполнения целевых функций автомата видеоконтроля .... 291
- Гагарина Л.Г., Доронина А.А., Фомин Р.А., Чухляев Д.А.** Исследование управляемости билинейных систем с ограниченным управлением ..... 302
- Гостева А.А., Матушко А.К., Якубайлик О.Э.** Исследование антропогенных изменений в городском ландшафте по данным инфракрасного диапазона Landsat-8 ..... 314

### Краткие сообщения

- Злобин А.В., Клюкин В.И., Николаенков Ю.К.** Моделирование блока восстановления тактовой частоты и данных на основе схемы фазовой автоподстройки частоты ..... 324
- Гундарцев М.А., Каракеян В.И., Рябышенков А.С., Шараева В.П.** Применение методологии энергоэкологического анализа для исследования системы удаления воздуха чистых помещений в микроэлектронике ..... 328

### Юбилей

- Неволину Владимиру Кирилловичу – 80 лет ..... 333
- Чаплыгину Юрию Александровичу – 70 лет ..... 335

### Конференции

- Харач О.Г.** Об итогах 28-й Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика – 2021» ..... 337
- X Юбилейная Всероссийская с международным участием научно-техническая конференция «Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем» (МЭС-2021) ..... 2-я стр. обложки
- К сведению авторов ..... 339



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



## Proceedings of Universities. ELECTRONICS

Volume 26, No. 3-4, 2021

May – June

July – August

*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., 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)

*Yuri V. Kubarev* – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof., Prokhorov Academy of Engineering Sciences (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., CJSC Company «Synopsys 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 22.06.2021. Sheet size 60×84 1/8. Digital printing. Conventional printed sheets 16,275. Number of copies 200. Order no. 4. 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 «Russian Press» LLC «Agency «Book a Service» – 38934**

## CONTENTS

### Electronics materials

- Vigdorovich E.N.** Prediction of the Conditions of Chloride-Hydride Epitaxy of  $\text{Ga}_{1-y}\text{In}_y\text{As}_{1-x}\text{P}_x$  Isoperiod Layers with GaAs and  $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$  ..... 207
- Zaytseva Yu.S., Borgardt N.I., Prikhodko A.S., Zallo E., Calarco R.** Electron Microscopy Studies of the Structure of Thin Epitaxial  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  Layers Grown on Si(111) Substrate ..... 214

### Technological processors and routes

- Abazyan S.S., Melikyan V.Sh.** Power and Ground Metal Insertion into Integrated Circuit Design Combined with Timing Aware Dummy Metal Fill Insertion ..... 226
- Novak A.V., Novak V.R., Rumyantsev A.V.** Features of the Manufacturing Process of Silicon Tips for Cantilevers ..... 234
- Tikhonov R.D., Polomoshnov S.A., Amelichev V.V., Cheremisinov A.A., Kovalev A.M.** CoNiFe Triple System Films Formation by Electrochemical Deposition ..... 246
- Chugunov E.Y., Pogalov A.I., Timoshenkov S.P.** Engineering Calculations of Microelectronic Products Parts and Assemblies Using Finite-Element Modeling ..... 255
- Karakeyan V.I., Kharlamov N.R., Ryabyshenkov A.S.** Occupational Risk Assessment in Engineering Spaces at the Microelectronics Enterprise ..... 265

### Circuit engineering and design

- Melikyan V.Sh., Gevorgyan V.S.** High Accuracy Two-Step Flash ADC with Changeable Comparison Range Using Latch Based Comparator ..... 273
- Volobuev S.V., Ryabtsev V.G.** Interface Features of the DDR SDRAM Memory Test Diagnostic Device ..... 282

### Information-communication technologies

- Stepanov N.V.** Estimation of the Automated Video Control Device's Target Functions Performance Probability ..... 291
- Gagarina L.G., Doronina A.A., Fomin R.A., Chukhlyaev D.A.** Study of Controllability of Bilinear Systems with Limited Control ..... 302
- Gosteva A.A., Matuzko A.K., Yakubailik O.E.** Study of Anthropogenic Changes in the Urban Landscape Based on the Landsat-8 Infrared Range ..... 314

### Brief reports

- Zlobin A.V., Klyukin V.I., Nickolaenkov Yu.K.** Clock Signal and Data Recovery Unit Modeling Based on Phase-Locked-Frequency Scheme ..... 324
- Gundartsev M.A., Karakeyan V.I., Ryabyshenkov A.S., Sharaeva V.P.** Energy and Environment Analysis Methodology Application for the Study of the Clean Room Air Removal System in Microelectronics ..... 328

### Anniversaries

- Nevolin Vladimir Kirillovich is 80 years old ..... 333
- Chaplygin Yury Aleksandrovich is 70 years old ..... 335

### Conferences

- Harach O.G.** About the Results of the 28 All-Russian Interuniversity Scientific and Technical Conference of Students and Graduate Students «Microelectronics and Informatics – 2021» ..... 337
- X Anniversary All-Russian Scientific and Technical Conference with International Participation «Problems of Development of Advanced Micro- and Nanoelectronic Systems» (MES-2021) ..... 2 cover page
- Instructions for authors ..... 339