

## УЧРЕДИТЕЛИ

ФГБУ науки  
Институт проблем управления  
им. В. А. Трапезникова РАН,  
НП “Национальная технологическая  
палата”,  
ООО “Сенсидат-Плюс” (издатель)

Гл. редактор	<b>Ф. Ф. Пашенко</b>
Зам. гл. редактора	<b>А. Ф. Каперко</b>
Гл. редактор ИКА	<b>В. Ю. Кнеллер</b>
Отв. секретарь	<b>Г. М. Баранова</b>
Выпускающий редактор	<b>С. В. Суханова</b>

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Р. Р. Бабаян, д. т. н., проф.,  
Г. М. Баранова,  
С. Н. Васильев, акад. РАН,  
Г. И. Джанджава, д. т. н., проф.,  
Е. Л. Ерёмин, д. т. н., проф.,  
А. Н. Житков, к. т. н., доц.,  
Э. Л. Ицкович, д. т. н., проф.,  
А. А. Ищенко, к. э. н.,  
С. И. Касаткин, д. т. н., проф.,  
А. М. Касимов, д. т. н.,  
А. Ф. Каперко, д. т. н., проф.,  
В. Ю. Кнеллер, д. т. н., проф.,  
Б. В. Лункин, к. т. н.,  
В. П. Мешалкин, акад. РАН,  
В. П. Морозов, д. т. н.,  
Д. А. Новиков, чл.-корр. РАН,  
П. П. Пархоменко, чл.-корр. РАН,  
Ф. Ф. Пашенко, д. т. н., проф.,  
А. Ф. Пашенко, к. т. н.,  
Г. А. Пикина, д. т. н., проф.,  
Б. И. Подлепецкий, к. т. н., доц.,  
В. В. Поляков,  
Н. Л. Прохоров, д. т. н., проф.,  
О. С. Сироткин, чл.-корр. РАН,  
Кукджин Чун, проф.,  
В. А. Шахнов, чл.-корр. РАН,  
М. С. Шкабардия, д. т. н., проф.,  
И. Б. Ядыкин, д. т. н., проф.

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ РЕДСОВЕТЫ

(руководители)

### Санкт-Петербург

В. Г. Кнорринг, д. т. н., проф. — (812) 297-60-01

### Нижний Новгород

С. М. Никулин, д. т. н., проф. — (831) 436-78-40

### Екатеринбург

С. В. Поршнев, д. т. н., проф. — (343) 375-97-79

### Новосибирск

Ю. В. Чуугуй, д. т. н., проф. — (383-3) 33-73-60

### Красноярск

В. Г. Патюков, д. т. н., проф. — (391-2) 912-279

### Бийск

Ю. А. Галенко, д. т. н., проф. — (3854) 43-25-69

В. А. Абанин, д. т. н., проф. (3854) 43-25-71

### Пенза

М. А. Шербаков, д. т. н., проф. — (841-2) 56-37-08

### Рязань

С. Н. Кириллов, д. т. н., проф. — (491-2) 92-04-55

### Ульяновск

Н. Г. Ярушкина, д. т. н., проф. — (842-2) 43-03-22

### Ижевск

В. А. Алексеев, д. т. н., проф. — (341-2) 21-29-33

### Оренбург

М. Г. Кучеренко, д. т. н., проф. — (353-2) 77-34-19

### Владимир

В. Н. Устюжанинов, д. т. н., проф. —

(492-2) 33-59-67

### Тула

В. Я. Распопов, д. т. н., проф. — (487-2) 35-19-59

### Воронеж

В. К. Битюков, д. т. н., проф. — (473-2) 55-36-94

### Курск

В. С. Титов, д. т. н., проф. — (471-2) 58-71-12

### Тамбов

С. В. Мищенко, д. т. н., проф. — (475-2) 72-10-19

### Липецк

Ю. И. Кудинов, д. т. н., проф. — (4742) 32-80-53

### Астрахань

И. Ю. Петрова, д. т. н., проф. — (851-2) 25-73-11

### Минск

И. С. Манак, к. ф.-м. н. — (417) 278-13-13

### Уфа

А. И. Гулин, д. т. н., проф. — (347-2) 43-14-70

## СОДЕРЖАНИЕ

*Представляет Национальный исследовательский  
ядерный университет “МИФИ”*

- Родин А. С., Першенков В. С., Бакеренков А. С.** и др. Физические модели радиационных эффектов в полупроводниковых приборах биполярной технологии . . . 4
- Родин А. С., Першенков В. С., Бакеренков А. С.** и др. Моделирование радиационной стойкости ИМС компаратора напряжения в условиях космического пространства . . . 11
- Барбашов В. М., Трушкин Н. С.** Моделирование качества функционирования цифровых БИС при воздействии радиации . . . 15
- Куликов Н. А., Попов В. Д., Фелицын В. А.** Радиационная чувствительность  $p$ -канальных МОП-транзисторов при дозиметрии гамма-излучения и рентгеновских лучей . . . 20
- Родин А. С., Першенков В. С., Бакеренков А. С.** и др. Обобщенная модель радиационно-индуцированного тока поверхностной рекомбинации в биполярных транзисторах . . . 23
- Зебрев Г. И.** Применение статистики экстремальных событий для прогнозирования катастрофических одиночных отказов в элементах бортовых электронных систем . . . 28
- Бутузов В. А., Назаренко А. Е., Бочаров Ю. И.** и др. Микросхема с трансформаторной развязкой цифровых сигналов для помехоустойчивых датчиков . . . 33
- Волков Ю. А., Осипов А. К.** Синтез структур детекторных усилителей с минимальным влиянием межкаскадных реактивностей . . . 39
- Краснюк А. А.** Концепция зеркальных нейронных сетей в приложении к автономным измерительным системам . . . 42
- Самотаев Н. Н., Литвинов А. В., Подлепецкий Б. И.** и др. Методы измерения выходных сигналов газочувствительных датчиков на основе МДП-конденсаторов . . 47
- Самотаев Н. Н., Облов К. Ю., Иванова А. В.** и др. Лазерная микрофрезеровка в мелкосерийном производстве металлооксидных датчиков на основе керамических мембранных структур по МЭМС-технологиям . . . 54
- Ранабхат Киран, Лапшинский В. А., Патрикеев Л. Н.** Элементы солнечных батарей с повышенным КПД . . . 58
- Першенков В. С., Беляков В. В., Малкин Е. К.** и др. Двухполярный спектрометр ионной подвижности . . . 63
- Громов Е. А., Матуско М. А., Шалтаева Ю. Р.** и др. Источник высокого напряжения двухполярного спектрометра ионной подвижности . . . 68

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых изданий ВАК и в RSCI на базе Web of Science

Подписные индексы: 79363 в каталоге Роспечати; 40874 в каталоге “Пресса России”

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 117997, ГСП-7, Москва, ул. Профсоюзная, 65, к. 383. Тел./факс: (495) 330-42-66  
www.datsys.ru. E-mail: datsys@mail.ru

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены ИП Прохоров О. В.  
Отпечатано в типографии ООО “Алвансед Солюшнз”. Заказ ds519. Подписано в печать 29.05.2019.  
Журнал перерегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций 26.12.2013.  
ПИ № ФС 77-56548. ISSN 1992-7185

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). На сайте Научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru) доступны полные тексты статей.

FOUNDERS

V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences,  
Russian Academy of Sciences,  
Non-commercial partnership  
“National technological house”,  
LLC “Sensidat-Plus” (publisher)

Editor-in-Chief **Pashchenko F. F.**  
Deputy Editor-in-Chief **Kaperko A. F.**  
Editor-in-Chief of MCA **Kneller V. Yu.**  
Executive Secretary **Baranova G. M.**  
Managing editor **Sukhanova S. V.**

EDITORIAL BOARD

Babayan R. R., D. Sc. (Tech.), Prof.,  
Baranova G. M.,  
Vasilyev S. N., Acad., RAS,  
Dzhandzhgava G. I., D. Sc. (Tech.), Prof.,  
Eremin E. L., D. Sc. (Tech.), Prof.,  
Zhitkov A. N., Ph. D. (Tech.), Assoc. Prof.,  
Itskovich E. L., D. Sc. (Tech.), Prof.,  
Ishchenko A. A., Ph. D.,  
Kasatkin S. I., D. Sc. (Tech.), Prof.,  
Kasimov A. M., D. Sc. (Tech.),  
Kaperko A. F., D. Sc. (Tech.), Prof.,  
Kneller V. Yu., D. Sc. (Tech.), Prof.,  
Lunkin B. V., Ph. D. (Tech.),  
Meshalkin V. P., Acad., RAS,  
Morozov V. P., D. Sc. (Tech.),  
Novikov D. A., Corr. mem., RAS,  
Parkhomenko P. P., Corr. mem., RAS,  
Pashchenko, F. F., D. Sc. (Tech.), Prof.,  
Pashchenko, A. F., Ph. D. (Tech.),  
Pikina G. A., D. Sc. (Tech.), Prof.,  
Podlepetskiy B. I., Ph. D. (Tech.),  
Polyakov V. V.,  
Prokhorov N. L., D. Sc. (Tech.), Prof.,  
Chun Kukjin, D. Sc. (Tech.), Prof.,  
Sirotkin O. S., Corr. mem., RAS,  
Shakhnov V. A., Corr. mem., RAS,  
Shkabaridnya M. S., D. Sc. (Tech.), Prof.,  
Yadykin I. B., D. Sc. (Tech.), Prof.

REGIONAL EDITORIAL COUNCILS

(leaders)

**Saint-Petersburg**

Knorrin, V. G., D. Sc. (Tech.), Prof. — (812) 297-60-01

**Nizhny Novgorod**

Nikulin, S. M., D. Sc. (Tech.), Prof. — (831) 436-78-40

**Ekaterinburg**

Porshnev, S. V., D. Sc. (Tech.), Prof. — (343) 375-97-79

**Novosibirsk**

Chuguy, Yu. V., D. Sc. (Tech.) — (383-3) 33-73-60

**Krasnoyarsk**

Patyukov, V. G., D. Sc. (Tech.), Prof. — (391-2) 912-279

**Biysk**

Galenko, Yu. A., Dr. Sci. (Tech.) — (3854) 43-25-69

Abanin, V. A., D. Sc. (Tech.) — (3854) 43-25-71

**Penza**

Shcherbakov, M. A., D. Sc. (Tech.), Prof. —  
(841-2) 56-37-08

**Ryazan**

Kirillov, S. N., D. Sc. (Tech.), Prof. — (491-2) 92-04-55

**Ulyanovsk**

Yarushina, N. G., D. Sc. (Tech.), Prof. —  
(842-2) 43-03-22

**Izhevsk**

Alekseev, V. A., Dr. D. Sc. (Tech.), Prof. —  
(341-2) 21-29-33

**Orenburg**

Kucherenko, M. G., D. Sc. (Phys.-Math.), Prof. —  
(353-2) 77-34-19

**Vladimir**

Ustyuzhaninov, V. N., D. Sc. (Tech.), Prof. —  
(492-2) 33-59-67

**Tula**

Raspopov, V. Ya., D. Sc. (Tech.), Prof. —  
(487-2) 35-19-59

**Voronezh**

Bitukov, V. K., D. Sc. (Tech.), Prof. — (473-2) 55-36-94

**Lipetsk**

Kudinov, Yu. I., D. Sc. (Tech.), Prof. —  
(4742) 32-80-53

**Kursk**

Titov, V. S., D. Sc. (Tech.), Prof. — (471-2) 58-71-12

**Tambov**

Mishchenko, S. V., D. Sc. (Tech.), Prof. —  
(475-2) 72-10-19

**Astrakhan**

Petrova, I. Yu., D. Sc. (Tech.), Prof. — (851-2) 25-73-11

**Minsk**

Manak, I. S., Ph. D. (Phys.-Math.), Assoc. Prof. —  
(417) 278-13-13

**Ufa**

Gulin, A. I., D. Sc. (Tech.), Prof. — (347-2) 43-14-70

# SENSORS and SYSTEMS

№ 5 (236)

MAY  
2019

## CONTENT

### *National Research Nuclear University MEPhI presents*

- Rodin A. S., Pershenkov V. S., Bakerenkov A. S., et al.** Physical models of radiation effects in bipolar devices ..... 4
- Rodin A. S., Pershenkov V. S., Bakerenkov A. S., et al.** Evaluation of radiation hardness of the bipolar voltage comparator in the space conditions ..... 11
- Barbashov V. M., Trushkin N. S.** Modeling the quality of functioning of digital VLSI with exposure to radiation ..... 15
- Kulikov N. A., Popov V. D., Felitsyn V. A.** Radiation sensitivity of *p*-channel MOP transistors during gamma radiation and X-ray beams ..... 20
- Rodin A. S., Pershenkov V. S., Bakerenkov A. S., et al.** Systematic approach to the calculation of radiation-induced surface recombination current in bipolar transistors ..... 23
- Zebrev G. I.** Application of extreme value statistics for prediction of catastrophic single event failure probability in on-board electronics ..... 28
- Butuzov V. A., Nazarenko A. E., Bocharov Yu. I., et al.** Digital signals isolator IC for high noise immunity sensors ..... 33
- Volkov Yu. A., Osipov A. K.** Synthesis of detector amplifier structures with a minimal influence of interstage reactances ..... 39
- Krasnyuk A. A.** The concept of mirror neural networks in application to autonomous measuring systems ..... 42
- Samotaev N. N., Litvinov A. V., Podlepetsky B. I., et al.** Methods of measuring the output signals of the gas-sensitive sensors based on MOS-capacitors ..... 47
- Samotaev N. N., Oblov K. Yu., Ivanova A. V., et al.** Laser micromilling technology as a key for rapid prototyping SMD ceramic MEMS devices ..... 54
- Ranabhat Kiran, Lapshinsky V. A., Patrikeev L. N.** Solar cells with high efficiency ... 58
- Pershenkov V. S., Belyakov V. V., Malkin E. K., et al.** Dual mode ion mobility spectrometer ..... 63
- Gromov E. A., Matusko M. A., Shaltaeva Yu. R., et al.** High-voltage source for dual mode ion mobility spectrometer ..... 68

The journal is included into the list of the leading reviewed by Higher Attestation Commission's periodicals, publishing basic results of doctoral and candidate dissertations (2015) and into RSCI based on Web of Science (2015).

**Subscription codes:** 79363 in the Russian press catalogue; 40874 in the catalogue “The Press of Russia”

**EDITORIAL ADDRESS:** 65 Profsoyuznaya st., office 383, Moscow, 117997. Tel./fax: (495) 330-42-66  
www.datsys.ru. E-mail: datsys@mail.ru

The layout and the electronic version are prepared by IE Prokhorov O. V.

Printed by Agency “Advanced Solutions”. Order ds519. Signed for press on 29.05.2019.

The journal is reregistered in the Federal service for supervision in the sphere of communication and mass communications 26.12.2013. PI № FS 77-56548. ISSN 1992-7185

The journal is included into the Russian Science Citation Index (RSCI in Web of Science). On the website of the Scientific electronic library (www.elibrary.ru) articles' full-texts are available.