

# ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА

## СЕРИЯ 1 СВЧ-ТЕХНИКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

---

Выпуск 4(531)

2016

Издается с 1950 г.

---

*Главный редактор*

**д.т.н. А.А. Борисов**

Редакционная коллегия:

к.т.н. **С.А. Зайцев** (*зам. главного редактора*),  
к.т.н. **С.В. Щербаков** (*зам. главного редактора*),  
к.т.н. **В.И. Бейль**, **Ю.А. Будзинский**, к.ф.-м.н. **А.В. Галдецкий**,  
**Б.Ф. Горбик**, д.т.н. **А.Д. Закурдаев**, к.т.н. **Н.П. Зубков**,  
д.т.н. **С.С. Зырин**, к.т.н. **А.С. Котов**,  
д.т.н. **П.В. Куприянов**, к.т.н. **В.Г. Лапин**,  
д.т.н. **М.И. Лопин**, д.т.н. **Н.А. Лябин**, **В.М. Малыщик**,  
д.т.н., профессор **П.П. Мальцев** (ИСВЧ ПЭ РАН), к.т.н. **П.М. Мелешкевич**,  
д.т.н., профессор **В.П. Мещанов** (ОАО «ЦНИИИА»),  
к.т.н. **А.Г. Михальченков** (МКУ «Дирекция Наукограда» г. Фрязино),  
д.т.н. **С.П. Морев** (ФГУП «НПП «Торий»), **О.А. Морозов** (ЗАО «НПП «Магратеп»),  
к.т.н. **В.Ю. Мякиньюков**, д.ф.-м.н. **А.И. Панас**,  
д.ф.-м.н. **А.Б. Пашковский**, к.ф.-м.н. **С.А. Плешанов**, **Е.Н. Покровский**,  
к.т.н. **О.В. Поливникова**, к.т.н. **А.В. Потапов**,  
д.т.н., профессор **Р.А. Силин**, д.т.н. **К.Г. Симонов**,  
**В.П. Стебунов** (*ответственный секретарь*),  
д.т.н. **М.М. Трифонов** (ЗАО «НПП «Исток-Система»),  
д.т.н., профессор **Н.Д. Урсуляк**

Журнал зарегистрирован Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций (свидетельство ПИ № ФС 77-24651 от 6 июня 2006 г.).

Решением Президиума Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации с 29 декабря 2015 г. научно-технический сборник «Электронная техника», серия 1 «СВЧ-техника», издаваемый АО «НПП «Исток» им. Шокина» с 1950 года, включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук».

---

© АО «НПП «Исток» им. Шокина», 2016 г.

# ELEKTRONNAYA TEKHNIKA

(Electronic Engineering)

SERIES 1

## SVCH-TEKHNIKA

(Microwave Engineering)

COLLECTION OF RESEARCH & TECHNICAL ARTICLES

---

Issue 4(531)

2016

Founded in 1950 г.

---

*Editor-in-chief*

D.T.Sc. **A.A. Borisov**

*Editorial staff:*

C.T.Sc. **S.A. Zaitsev** (deputy editor-in-chief),  
C.T.Sc. **S.V. Scherbakov** (deputy editor-in-chief),  
C.T.Sc. **V.I. Beyl'**, U.A. **Budzinsky**, C.Ph.M.Sc. **A.V. Galdetsky**,  
**B.F. Gorbik**, D.T.Sc. **A.D. Zakurdaev**, C.T.Sc. **N.P. Zubkov**,  
D.T.Sc. **S.S. Zyrin**, C.T.Sc. **A.S. Kotov**, D.T.Sc. **P.V. Kupriyanov**,  
C.T.Sc. **V.G. Lapin**, D.T.Sc. **M.I. Lopin**, D.T.Sc. **N.A. Lyabin**, **V.M. Malyschik**,  
D.T.Sc., professor **P.P. Maltsev** (IMWF SE RASc), C.T.Sc. **P.M. Meleshkevich**,  
D.T.Sc., professor **V.P. Meschanov** (JSC «TSNIIIA»),  
C.T.Sc. **A.G. Mikhailchenkov** (MBD «Directorate of the Science Town» Fryazino),  
D.T.Sc. **S.P. Morev** (FSUE «RPC «Torij»), **O.A. Morozov** (JSC «RPC «Magratep»),  
C.T.Sc. **V.U. Myakinkov**, D.Ph.M.Sc. **A.I. Panas**,  
D.Ph.M.Sc. **A.B. Pashkovsky**, C.Ph.M.Sc. **S.A. Pleshanov**, **E.N. Pokrovsky**,  
C.T.Sc. **O.V. Polivnikova**, C.T.Sc. **A.V. Potapov**, D.T.Sc., professor **R.A. Silin**,  
D.T.Sc. **K.G. Simonov**, **V.P. Stebunov** (executive secretary),  
D.T.Sc. **M.M. Trifonov** (JSC RPC «Istok-System»),  
D.T.Sc., professor **N.D. Ursulyak**

The journal is registered by the Ministry on mass media of the Russian Federation (certificate ПИ № ФС 77-24651 date June 6, 2006).

By the Resolution of the Presidium of the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated December 29, 2015 the scientific and technical collection «Elektronnaya Tekhnika», series 1 «SVCH-tekhnika» being published in JSC «RPC «Istok» named after Shokin» since 1950, has been reincluded into the «List of reviewed scientific publications in which the principal scientific results for candidate's thesis and doctoral thesis must be published»

## СОДЕРЖАНИЕ

### Катоды и материалы

- Мелешкевич П.М.* – О возможности применения автоэмиссионных катодов в мощных приборах СВЧ..... 6
- Макаров А.П., Берснева Е.Ю., Земчихин Е.М., Чистова Г.И., Закурдаев А.Д., Иванов В.В., Уразов М.Н., Хрустов В.Р.* – Скандатные катоды с высокой плотностью тока для применения в приборах СВЧ ..... 15

### Электровакуумные приборы

- Симоненко Л.В., Симоненко А.Н.* – Оптимизация режима накала мощных магнетронов для технологических установок СВЧ-нагрева ..... 25

### Твердотельная электроника

- Былкин В.И., Гаврилов И.А., Пугнин В.И.* – Серия импульсных усилителей *X*-диапазона на полевых GaAs- и GaN-транзисторах..... 33

### Радиоэлектронные устройства

- Карасев М.С.* – Методика измерения параметров перспективных ППМ АФАР с применением поверхностного контактного соединителя ..... 37
- Гусев А.П., Павлов А.В., Павлова С.Г., Мякиньюков В.Ю., Сытилин С.Н., Сеницына Т.В.* – Высокоизбирательный малогабаритный СВЧ-модуль в керамике LTCC с применением монтажа «flip-chip»..... 45

### Технология и материаловедение

- Налогин А.Г., Семенов М.Г., Костишин В.Г., Иванов В.В., Семенов А.С., Бакланов А.В.* – Феррогранаты для подложек микрополосковых ферритовых приборов *X*-диапазона..... 56
- Налогин А.Г., Семенов М.Г., Урсуляк Н.Д.* – Термостабильные ферриты для микрополосковых ферритовых приборов высокого уровня мощности ..... 65

### Экономика

- Чекаданова М.В.* – Бизнес-модель инновационно-территориального радиоэлектронного кластера в особой экономической зоне ..... 72

### Производственно-технический опыт

- Цай П.И., Фадеев А.А., Катанова Л.А., Дубровкин С.И.* – Испытательная база: современное состояние, проблемы, пути их решения и предложения по переоснащению..... 79

### Квантовая электроника

- Балько А.К.* – Уравнение фотоэффекта..... 85

- Тематический указатель** ..... 94

- Алфавитный указатель** ..... 98

## CONTENTS

### **Cathodes and materials**

- Meleshkevich P.M.* – On possibility of using field-emission cathodes in high-power microwave devices ..... 6
- Makarov A.P., Bersneva E.U., Zemchikhin E.M., Chistova G.I., Zakurdaev A.D., Ivanov V.V., Urazov M.N., Khrustov V.P.* – Scandate cathodes with high current density for application in microwave devices ..... 15

### **Electrovacuum devices**

- Simonenko L.V., Simonenko A.N.* – Optimization of high-power magnetron heating mode for microwave heating process installations ..... 25

### **Solid-state electronics**

- Bylkin V.I., Gavrilov I.A., Pugnin V.I.* – A series of X-band pulse amplifiers on GaAs and GaN FETs..... 33

### **Radioelectronic devices**

- Karasev M.S.* – The methodology of parameter measurement of perspective active phased array transeiving modules using surface contact connector ..... 37
- Gusev A.P., Pavlov A.V., Pavlova S.G., Myakinkov V.U., Sytilin S.N., Sinitsina T.V.* – High selective small-size microwave module in LTCC ceramics using «flip-chip» mounting... 45

### **Techology and material science**

- Nalogin A.G., Semenov M.G., Kostishin V.G., Ivanov V.V., Semenov A.S., Baklanov A.V.* – Ferrogarnets for substrates of X-band microstrip ferrite device..... 56
- Nalogin A.G., Semenov M.G., Ursulyak N.D.* – Thermostable ferrites for microstrip ferrite devices of high power level..... 65

### **Economics**

- Chekadanova M.V.* – Business model of innovative regional radioelectronic cluster in a special economic zone..... 72

### **Production anl engineering experience**

- Tsai P.I., Fadeev A.A., Katanova L.A., Dubrovkin S.I.* – Test base: modern state, problems, the way of their solution and proposals on reequipment..... 79

### **Quantum electronics**

- Balyko A.K.* – Photoelectric equation..... 85

- Subject index** ..... 94

- Alphabetical index**..... 98

## О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОЭМИССИОННЫХ КАТОДОВ В МОЩНЫХ ПРИБОРАХ СВЧ

П. М. Мелешкевич

*АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино*

Приведены результаты анализа возможности применения автоэмиссионных катодов в мощных приборах СВЧ О-типа – клистронах и ЛБВ. Рассмотрены вопросы временной стабильности характеристик автоэмиссионных катодов, их влияние на электрическую прочность приборов, некоторые эксплуатационные характеристики.

*КС: автоэмиссионный катод, мгновенное время готовности, мощные приборы СВЧ, нестабильность, выгорание, «инурование» тока, локальный перегрев, деградация*

## ON POSSIBILITY OF USING FIELD-EMISSION CATHODES IN HIGH-POWER MICROWAVE DEVICES

P. M. Meleshkevich

*JSC «RPC «Istok» named after Shokin», Fryazino*

The results of analysis on possibility of using field-emission cathodes in O-type high-power microwave devices – klystrons and TWTs – are presented. The issues of time stability of field-emission cathode characteristics, their effect on device electric strength and some performance specifications have been considered.

*Keywords: field-emission cathode, instantaneous readiness time, high-power microwave devices, instability, burn-out, current “pinching”, local overheating, degradation*

## СКАНДАТНЫЕ КАТОДЫ С ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ ТОКА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРИБОРАХ СВЧ

А. П. Макаров, Е. Ю. Берснева, Е. М. Земчихин, Г. И. Чистова, А. Д. Закурдаев

*АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино*

В. В. Иванов, М. Н. Уразов, В. Р. Хрустов

*Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный*

Представлены результаты исследования эмиссионной способности, долговечности, структуры и элементного состава поверхности скандатного импрегнированного катода с матрицей из мелкозернистого порошка вольфрама с добавкой окиси скандия (0,5...2 % весовых), пропитанной алюминатом бария-кальция состава  $4\text{BaO}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ . Испытания в малогабаритном многолучевом клистроне показали, что такие катоды устойчивы к электропробоям и обеспечивают токоотбор плотностью 25...30 А/см<sup>2</sup>.

*КС: термоэлектронная эмиссия, скандатный импрегнированный катод, субмикронная структура, элементный анализ, плотность тока катода, модель работы*

## SCANDATE CATHODES WITH HIGH CURRENT DENSITY FOR APPLICATION IN MICROWAVE DEVICES

A. P. Makarov, E. U. Bersneva, E. M. Zemchikhin, G. I. Chistova, A. D. Zakurdaev

*JSC «RPC «Istok» named after Shokin», Fryazino*

V. V. Ivanov, M. N. Urazov, V. R. Khrustov

*Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny*

The results of investigating the emissive ability, life time, structure and elemental composition of scandate impregnated cathode surface with a matrix of fine-grain tungsten powder with scandium oxide addition (0.5...2 % weight) impregnated with barium-calcium aluminate  $4\text{BaO}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$  are presented. The tests in a small-size multiple-beam klystron showed that such cathodes are resistant to electrical breakdowns and provide current selection with 25...30 A/cm<sup>2</sup> density.

*Keywords: thermionic emission, scandate impregnated cathode, submicron structure, elemental analysis, cathode current density, work model*

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА НАКАЛА МОЩНЫХ МАГНЕТРОНОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК СВЧ-НАГРЕВА

**Л. В. Симоненко**

*АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино*

**А. Н. Симоненко**

*ЗАО «НПП «Магратеп», г. Фрязино*

Ввиду растущего спроса в промышленности на технологические установки СВЧ-нагрева с мощным магнетронным генератором непрерывного действия, вопрос об увеличении срока службы магнетрона становится более актуальным. Поэтому появляется необходимость в исследованиях и разработке методов оптимизации режимов работы, которые улучшают такие немаловажные характеристики магнетрона, как долговечность и надежность. В статье проведен обзор существующих технических решений и предложен альтернативный метод оптимизации температуры накала магнетрона в динамическом режиме работы.

*КС: магнетрон, горячее сопротивление, накал, прямонакальный катод, оптимизация режима*

## OPTIMIZATION OF HIGH-POWER MAGNETRON HEATING MODE FOR MICROWAVE HEATING PROCESS INSTALLATIONS

**L. V. Simonenko**

*JSC «RPC «Istok» named after Shokin», Fryazino*

**A. N. Simonenko**

*CJSC «RPE «Magratep», Fryazino*

Due to increasing of the industrial demand for microwave heating process installations with a CW high-power magnetron oscillator the issue of magnetron life increase becomes more actual. That's why there is a necessity to study and develop optimization methods of operating modes which improve such important magnetron characteristics as long life and reliability. The paper covers the existing technical solutions and proposes an alternative method for optimizing magnetron heating temperature in dynamic operating mode.

*Keywords: magnetron, hot resistance, heating, directly heated cathode, mode optimization*

**СЕРИЯ ИМПУЛЬСНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ X-ДИАПАЗОНА  
НА ПОЛЕВЫХ GaAs- И GaN-ТРАНЗИСТОРАХ**

**В. И. Былкин, И. А. Гаврилов, В. И. Пугнин**

*АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино*

Разработаны транзисторные усилители X-диапазона и изготовлены экспериментальные образцы трех частотных диапазонов. Выходные мощности усилителей в импульсе – не менее 40 и 60 Вт. Усилители могут быть применены в передатчиках систем связи и радиолокации, а также в составе технологических стендов для испытаний мощных вакуумных СВЧ-приборов.

*КС: транзисторные усилители, GaAs- и GaN-транзисторы, СВЧ-сигнал, X-диапазон*

**A SERIES OF X-BAND PULSE AMPLIFIERS  
ON GaAs AND GaN FETs**

**V. I. Bylkin, I. A. Gavrilov, V. I. Pugin**

*JSC «RPC «Istok» named after Shokin», Fryazino*

X-band transistor amplifiers have been developed and experimental samples for three frequency ranges have been manufactured. The amplifiers output pulse powers were not less than 40 and 60 W. The amplifiers can be used in transmitters of communication systems and radiolocation, as well as technological stands for testing high-power vacuum microwave devices.

*Keywords: transistor amplifiers, GaAs and GaN transistors, microwave signal, X-band*

**МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
ПЕРСПЕКТИВНЫХ ППМ АФАР С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ПОВЕРХНОСТНОГО КОНТАКТНОГО СОЕДИНИТЕЛЯ**

**М. С. Карасев**

*АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино*

Рассмотрены основные особенности разработки приемопередающего модуля АФАР и представлено обоснование использования поверхностного контактного соединения модулей в составе АФАР. Приведены основные характеристики и конструкция СВЧ- и НЧ-соединителей, обеспечивающих поверхностное контактное соединение. Разработана измерительная оправка для контроля выходных параметров приемопередающего модуля, приведены расчетно-экспериментальные данные для ее аттестации.

*КС: поверхностный контактный соединитель, ППМ, измерительная оправка, расчетно-экспериментальные данные, аттестация*

**THE METHODOLOGY OF PARAMETER MEASUREMENT  
OF PERSPECTIVE ACTIVE PHASED ARRAY TRANSCIVING MODULES  
USING SURFACE CONTACT CONNECTOR**

**M. S. Karasev**

*JSC «RPC «Istok» named after Shokin», Fryazino*

The main peculiarities of developing an active phased array transceiving module have been considered and the foundation of using surface contact connection of modules within the active phased array has been presented. The main characteristics and the design of microwave and low-frequency connectors providing the surface contact connection are given. The test fixture for checking the output parameters of transceiving module has been worked out and the experiment-calculated data are presented for its certification.

*Keywords: surface contact connector, transceiving module, test fixture, experiment-calculated data, certification*

**ВЫСОКОИЗБИРАТЕЛЬНЫЙ МАЛОГАБАРИТНЫЙ  
СВЧ-МОДУЛЬ В КЕРАМИКЕ LTCC  
С ПРИМЕНЕНИЕМ МОНТАЖА «FLIP-CHIP»**

**А. П. Гусев, А. В. Павлов, С. Г. Павлова, В. Ю. Мякинников, С. Н. Сытилин**

*АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино*

**Т. В. Сеницына**

*ООО «БУТИС», г. Москва*

Представлены результаты разработки гибридно-монокристаллического многослойного СВЧ-модуля, выполненного по технологии LTCC. Использование нового схемотехнического решения модуля в совокупности с монтажом «flip-chip» для кристаллов, изготовленных по ПАВ-технологии, впервые позволило обеспечить частотную избирательность свыше 50 дБ в диапазоне частот до 4,5 ГГц за счет устранения электромагнитной наводки, а также уменьшить массогабаритные характеристики изделия более чем в 2 раза по сравнению с существующим аналогом.

*КС: частотно-преобразовательный модуль, фильтр на поверхностных акустических волнах, избирательность*

**HIGH SELECTIVE SMALL-SIZE  
MICROWAVE MODULE IN LTCC  
CERAMICS USING «FLIP-CHIP» MOUNTING**

**A. P. Gusev, A. V. Pavlov, S. G. Pavlova, V. U. Myakinkov, S. N. Sytilin**

*JSC «RPC «Istok» named after Shokin», Fryazino*

**T. V. Sinitsina**

*JSC Ltd «Butis», Moscow*

The results of development of hybrid-monolithic multilayer frequency-converter microwave module based on LTCC technology are presented. For the first time using the new module circuitry solution in conjunction with the flip-chip technology of planting crystals made by SAW technology allowed to provide frequency selectivity of more than 50 dB in the frequency range up to 4.5 GHz by eliminating electromagnetic interference as well as to reduce weight and size of device more than 2 times in comparison with the existing analogue.

*Keywords: frequency-converter module, surface acoustic wave filter, selectivity*

**ФЕРРОГРАНАТЫ ДЛЯ ПОДЛОЖЕК  
МИКРОПОЛОСКОВЫХ ФЕРРИТОВЫХ ПРИБОРОВ  
X-ДИАПАЗОНА**

**А. Г. Налогин<sup>1</sup>, М. Г. Семенов<sup>1</sup>, В. Г. Костишин<sup>2</sup>, В. В. Иванов<sup>3</sup>,  
А. С. Семенов<sup>1</sup>, А. В. Бакланов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино

<sup>2</sup>НИТУ «МИСиС», г. Москва

<sup>3</sup>МФТИ (государственный университет), г. Долгопрудный

Исследовано влияние нетрадиционных приемов изготовления ферритов, встроенных в классическую керамическую технологию, на плотность и микроструктуру железиттриевого граната (ЖИГ)  $Y_3Fe_5O_{12}$ . Такими приемами являются магнитно-импульсное прессование ферритовых заготовок и радиационно-термическое спекание. Положительные результаты испытаний ферритовых микрополосковых приборов, изготовленных на ферритовых пластинах из ЖИГ с использованием данных технологий, подтвердили динамическую устойчивость, термостабильность и малые потери при высоком уровне мощности.

*КС: железоиттриевый гранат (ЖИГ), оксидная технология, магнитно-импульсное прессование (МИП), радиационно-термическое спекание (РТС), микроструктура, металлографический анализ, микрополосковый ферритовый развязывающий прибор (ФРП), высокий уровень мощности (ВУМ), низкий уровень мощности (НУМ)*

**FERROGARNETS FOR SUBSTRATES  
OF X-BAND MICROSTRIP FERRITE DEVICES**

**A. G. Nalogin<sup>1</sup>, M. G. Semenov<sup>1</sup>, V. G. Kostishin<sup>2</sup>, V. V. Ivanov<sup>3</sup>,  
A. S. Semenov<sup>1</sup>, A. V. Baklanov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>JSC “RPC “Istok” named after Shokin”, Fryazino

<sup>2</sup>NUST “MISiS”, Moscow

<sup>3</sup>Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny

The influence of non-traditional methods of ferrite manufacturing, built into classical ceramic technology, on density and microstructure of yttrium-iron garnet (YIG)  $Y_3Fe_5O_{12}$  has been investigated. Such methods include magnetic-impulse pressing of ferrite work pieces and radiation-thermal sintering. The positive results of testing ferrite microstrip devices manufactured on YIG ferrite wafers using the above technologies confirmed dynamic stability, thermal stability and low losses at high power level.

*Keywords: yttrium-iron garnet (YIG), oxide technology, magnetic-impulse pressing (MIP), radiation-thermal sintering (RTS), microstructure, metallographic analysis, microstrip ferrite decoupling device (FDD), high power level (HPL), low power level (LPL)*

**ТЕРМОСТАБИЛЬНЫЕ ФЕРРИТЫ  
ДЛЯ МИКРОПОЛОСКОВЫХ ФЕРРИТОВЫХ ПРИБОРОВ  
ВЫСОКОГО УРОВНЯ МОЩНОСТИ**

**А. Г. Налогин, М. Г. Семенов, Н. Д. Урсуляк**

*АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино*

Изложены основные требования, предъявляемые к материалу подложки для СВЧ микрополосковых ферритовых приборов высокого уровня мощности. Рассмотрены вопросы изготовления ферритовых материалов. Приведены параметры никелевой шпинели и ферритовых микрополосковых приборов высокого уровня мощности в полосе частот 9,4...10,7 ГГц, изготовленных на подложках из разработанного материала.

*КС: никелевая шпинель, микрополосковый ферритовый развязывающий прибор (ФРП), высокий уровень мощности (ВУМ)*

**THERMOSTABLE FERRITES  
FOR MICROSTRIP FERRITE DEVICES  
OF HIGH POWER LEVEL**

**A. G. Nalogin, M. G. Semenov, N. D. Ursulyak**

*JSC «RPC «Istok» named after Shokin», Fryazino*

The main requirements to the substrate material for microwave microstrip ferrite devices of high power level are stated. The questions of manufacturing ferrite materials are considered. Parameters of nickel spinel and ferrite microstrip devices of high power level made on substrates of the developed material within 9.4 ... 10.7 frequency band, are given.

*Keywords: nickel spinel, microstrip ferrite decoupling device (FDD), high power level (HPL)*

**БИЗНЕС-МОДЕЛЬ  
ИННОВАЦИОННО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО  
КЛАСТЕРА В ОСОБОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗОНЕ**

**М. В. Чекаданова**

*АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино*

**Проанализирован мировой опыт развития инновационно-территориальных кластеров в радиоэлектронной отрасли, описаны структурные элементы инновационно-территориального радиоэлектронного кластера в особой экономической зоне.**

*КС: бизнес-модель, мировой опыт, инновационно-территориальный кластер, особая экономическая зона*

**BUSINESS MODEL  
OF INNOVATIVE REGIONAL RADIOELECTRONIC  
CLUSTER IN A SPECIAL ECONOMIC ZONE**

**M. V. Chekadanova**

*JSC «RPC «Istok» named after Shokin», Fryazino*

**The world experience of innovative regional clusters in the electronic industry is analyzed, the structural elements of innovative regional radioelectronic cluster in the special economic zone are described.**

*Keywords: business model, world experience, innovative regional cluster, special economic zone*

**ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ БАЗА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ,  
ПУТЬ ИХ РЕШЕНИЯ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПЕРЕОСНАЩЕНИЮ**

**П. И. Цай, А. А. Фадеев, Л. А. Катанова, С. И. Дубровкин**

*АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино*

Дан анализ технического состояния испытательной базы предприятия на сегодняшний день. Приведены сравнительные технические характеристики имеющегося на предприятии и современного оборудования. Выработаны предложения по оснащению и модернизации испытательной базы предприятия.

*КС: цифровая система управления виброиспытаниями, автоматизация испытаний, контроллер, СВЧ-модули, транзисторные сборки*

**TEST BASE: MODERN STATE, PROBLEMS,  
THE WAY OF THEIR SOLUTION AND PROPOSALS ON REEQUIPMENT**

**P. I. Tsai, A. A. Fadeev, L. A. Katanova, S. I. Dubrovkin**

*JSC «RPC «Istok» named after Shokin», Fryazino*

The analysis of the present day technical state of the enterprise test base is presented. The comparative technical characteristics of the equipment available at the enterprise and up-to-date equipment are given. Proposals on reequipment and modernization of the enterprise test base are worked out.

*Keywords: digital control system of vibration tests, tests automation, controller, microwave modules, transistor assembling*

## УРАВНЕНИЕ ФОТОЭФФЕКТА

**А. К. Балыко**

*АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино*

**Приведено уравнение фотоэффекта Эйнштейна с релятивистским выражением для кинетической энергии. Высказано предположение, что постоянная Планка определяется из других физических констант.**

*КС: уравнение фотоэффекта, кинетическая энергия, эффект Комптона*

## PHOTOELECTRIC EQUATION

**A.K. Balyko**

*JSC «RPC «Istok» named after Shokin», Fryazino*

**Einstein photoelectric equation with relativistic expression for kinetic energy is presented. The assumption is made that Planck constant is defined from other physical constants.**

*Keywords: photoelectric equation, kinetic energy, Compton effect*