

# ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА

## СЕРИЯ 1 СВЧ-ТЕХНИКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

---

Выпуск 2(529)

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** (ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН),  
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 ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени 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 2(529)

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. Zyryn**, 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 «TSNIIA»),  
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 «Magraterp»),  
C.T.Sc. **V.U. Myakinkov**, D.Ph.M.Sc. **A.I. Panas** (IRE named after V.F. Kotelnikov RASc),  
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 included into the «List of reviewed scientific publications in which the principal scientific results for candidate's thesis and doctoral thesis must be published»

## СОДЕРЖАНИЕ

### Электровакуумные приборы

- Калина В.Г., Будзинский Ю.А., Быковский С.В.* – Циклотронное защитное устройство. Расчет связи с нагрузкой ..... 8
- Вашин С.А., Коретин Г.Ф., Климова Н.Н.* – Проблемы поиска сложных течей отпаянных ЭВП..... 13
- Васильев В.И.* – Резонатор магнетронного типа: исследование асимметричности модуля коэффициента передачи по мощности с помощью моделирования..... 22
- Баранов А.В., Козиков А.Л., Привер Э.Л.* – Комбинированные СВЧ-фильтры с полосо-пропускающими и режекторными свойствами..... 32
- Семенов С.Н., Скобелев Д.Н., Бушкин С.С., Немирич Д.М.* – Волноводно-микроразветвляющийся переход X-диапазона ..... 40

### Твердотельная электроника

- Темнов А.М., Дудинов К.В., Трофимов А.А., Епифанцев А.А., Киселева Е.В.* – Исследование мощных усилительных ГМИС X-диапазона на транзисторах из нитрида галлия..... 45

### Катоды и материалы

- Капустин В.И., Ли И.П., Шуманов А.В.* – Методика определения параметров эмиссионной неоднородности катодных материалов..... 54
- Алехина В.И., Королев Д.С., Королев С.В.* – Низкотемпературные крупногабаритные катодно-подогревательные узлы ..... 69

### Технология и материаловедение

- Мухтаров З.Э., Исаханов З.А., Умирзаков Б.Е.* – Влияние низкоэнергетической имплантации ионов  $Ва^+$  на состав и эмиссионные свойства W и  $WO_2$  ..... 81

### Медицинская электроника

- Казаринов К.Д.* – Терагерцовое излучение – инструмент XXI века (использование в медико-биологических исследованиях) ..... 86

### Краткие сообщения

- Кяргинский Б.Е.* – Узкополосный перестраиваемый шумовой генератор ..... 102
- Балыко А.К.* – Плотности распределения вероятности модуля радиус-вектора со случайными координатами в пространствах различной размерности..... 106

### Экономика

- Чекаданова М.В.* – Модель инновационного развития радиоэлектронного кластера в особой экономической зоне ..... 112

## CONTENTS

### Electrovacuum devices

<i>Kalina V.G., Budzinsky U.A., Bykovsky S.V.</i> – Cyclotron protective device. Load coupling calculation .....	8
<i>Vashin S.A., Korepin G.F., Klimova N.N.</i> – The problems of detecting complicated leakages of sealed-off electrovacuum devices.....	13
<i>Vasilyev V.I.</i> – Magnetron type resonator: investigation of module asymmetry of transmission coefficient on power using simulation.....	22
<i>Baranov A.V., Kozikov A.L., Priver E.L.</i> – Microwave combined filters with band-pass and rejecting properties .....	32
<i>Semenin S.N., Skobelev D.N., Bushkin S.S., Nemirich D.M.</i> – X-band waveguide-to-microstrip transition.....	40

### Solid-state electronics

<i>Temnov A.M., Dudinov K.V., Trofimov A.A., Epifantsev A.A., Kiseleva E.V.</i> – The investigation of X-range high-power amplifying HMICs on GaN transistors.....	45
--	----

### Cathodes and materials

<i>Kapustin V.I., Li I.P., Shumanov A.V.</i> – The methodology for determining parameters of emission nonuniformity of cathode materials .....	54
<i>Alekhina V.I., Korolev D.S., Korolev S.V.</i> – Low-temperature large-size cathode heating units .....	69

### Technology and material science

<i>Mukhtarov Z.E., Isakhanov Z.A., Umirzakov B.E.</i> – The influence of Ba <sup>+</sup> ion low-energy implantation on composition and emission properties of W and WO <sub>2</sub> .....	81
--	----

### Medical electronics

<i>Kazarinov K.D.</i> – Terahertz radiation - the XXI <sup>st</sup> century instrument (application in medical-biological investigations) .....	86
---	----

### News in brief

<i>Kyarginsky B.E.</i> – A narrowband tunable noise oscillator .....	102
<i>Balyko A.K.</i> – The density of probability distribution of radius-vector module with accidental coordinates in different dimensionality space .....	106

### Economics

<i>Chekadanova M.V.</i> – Model of the radio-electronic cluster innovative development in the special economic zone.....	112
--	-----

УДК 621.385.6

## ЦИКЛОТРОННОЕ ЗАЩИТНОЕ УСТРОЙСТВО. РАСЧЁТ СВЯЗИ С НАГРУЗКОЙ

**В. Г. Калина, Ю. А. Будзинский, С. В. Быковский**

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

Изложен простой расчёт нагрузки ламелей циклотронного защитного устройства (ЦЗУ) внешним трактом. Сопротивление нагрузки определяется в ходе расчёта электромагнитной 3D-модели. Приведен пример расчёта.

*КС: защита СВЧ приёмных устройств, циклотронный резонанс, характеристическое сопротивление, электромагнитная 3D-модель, компьютерное моделирование*

## CYCLOTRON PROTECTIVE DEVICE. LOAD COUPLING CALCULATION

**V. G. Kalina, U. A. Budzinsky, S. V. Bykovsky**

*JSC "RPC "Istok" named after Shokin", Fryazino*

A simple method of calculating lamels load of cyclotron protective device (CPD) by external path has been shown. The load resistance is determined during the calculation of electromagnetic 3D-model. The example of calculation is given.

*Keywords: microwave receiving device protection, cyclotron resonance, characteristic impedance, electromagnetic 3D-model, computer simulation*

УДК 621.529.1

## ПРОБЛЕМЫ ПОИСКА СЛОЖНЫХ ТЕЧЕЙ ОТПАЯННЫХ ЭВП

**С. А. Вашин, Г. Ф. Корепин, Н. Н. Климова**

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

Рассмотрены процессы течеискания отпаянных ЭВП, основанные на измерении тока встроенного в ЭВП магнитного электроразрядного насоса. Показано, что динамическая чувствительность течеискателя может отличаться от статической чувствительности на 1000 %. Выявлено, что динамическая чувствительность зависит от вакуумной предыстории, особенностей каналов течей, способа подачи пробного газа. На практике обнаружено, что малые течи при повторной откачке ЭВП могут самоустраняться. Рассмотрены причины и места появления сложных течей и влияние их особенностей на динамическую чувствительность течеискания.

*КС: отпаянный ЭВП, магнитный электроразрядный насос, сложная течь с балластным объемом, газовыделение ЭВП*

## THE PROBLEMS OF DETECTING COMPLICATED LEAKAGES OF SEALED-OFF ELECTROVACUUM DEVICES

S. A. Vashin, G. F. Korepin, N. N. Klimova

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

The processes of leakage detecting of sealed-off electrovacuum devices (EVD), based on current measurement of magnetic discharge pump built in EVD have been considered. It is shown that the dynamic leakage detector sensitivity can differ from the static sensitivity by 1000 %. It is found out that the dynamic sensitivity depends on vacuum prehistory, peculiarities of leakage channels, the way of probe gas supplying. In practice it was found out that small leakages can keep oneself aloof at the secondary EVD sealing-off. The reasons and places of complicated leakages appearance and the influence of their peculiarities on the dynamic leakage detecting sensitivity were considered.

*Keywords: sealed-off EVD, magnetic discharge pump, complicated leakage with ballast volume, EVD gas release*

УДК 621.372.413

## РЕЗОНАТОР МАГНЕТРОННОГО ТИПА: ИССЛЕДОВАНИЕ АСИММЕТРИЧНОСТИ МОДУЛЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕДАЧИ ПО МОЩНОСТИ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В. И. Васильев

*ОАО «ФНПЦ «ННИПИ «Кварц» им. А.П. Горшкова», г. Нижний Новгород*

С помощью компьютерного моделирования исследована структура электромагнитного поля резонатора магнетронного типа в диапазоне от 0 до 1,6 ГГц. Определены виды колебаний. Показано, что вблизи рабочей моды колебаний квази- $H_{011}$ , применяемой в пассивных квантовых водородных стандартах частоты, существуют также моды квази- $H_{111}$  и квази- $E_{112}$ . Показано, что правая либо левосторонняя асимметрия модуля коэффициента передачи по мощности для моды колебаний квази- $H_{011}$  обусловлена присутствием близких мод. Чем ближе соседние моды по частоте, тем больше их влияние.

*КС: резонатор магнетронного типа, коэффициент передачи по мощности, моды цилиндрического резонатора, коэффициент асимметрии, пассивный водородный стандарт частоты*

# MAGNETRON TYPE RESONATOR: INVESTIGATION OF MODULE ASYMMETRY OF TRANSMISSION COEFFICIENT ON POWER USING SIMULATION

V. I. Vasilyev

*Institute of Electronic Measurements (IEM) "KVARZ", Nizhny Novgorod*

Using numerical simulation the electromagnetic field structure of magnetron type resonator was investigated within 0 to 1.6 GHz range. The oscillation modes were defined. It was shown that there are also quasi- $H_{111}$  and quasi- $E_{112}$  modes near the operating oscillation mode quasi- $H_{011}$  used in passive quantum hydrogen frequency standards. It is shown that either right-hand or left-hand module asymmetry of transmission coefficient on power for quasi- $H_{011}$  oscillation mode is conditioned by availability of nearby modes. The nearer the adjacent modes in frequency the more their influence is.

*Keywords: magnetron type resonator, transmission coefficient on power, cylindrical resonator modes, asymmetry ratio, passive hydrogen frequency standard*

УДК 621.372.54

## КОМБИНИРОВАННЫЕ СВЧ-ФИЛЬТРЫ С ПОЛОСНО-ПРОПУСКАЮЩИМИ И РЕЖЕКТОРНЫМИ СВОЙСТВАМИ

A. V. Баранов, А. Л. Козиков, Э. Л. Привер

*ОАО «НПП «Салют», г. Нижний Новгород*

Исследованы комбинированные СВЧ-фильтры с полосно-пропускающими и режекторными свойствами. Получены выражения для входных импедансов комбинированного СВЧ-фильтра и составляющих его частей. Сформулированы условия оптимальной работы комбинированного фильтра. На основе проведенного анализа продемонстрированы преимущества предложенных фильтров в подавлении «прицельных» помех на близких к полосе пропускания отстройках. Приведены примеры проектирования комбинированных фильтров двух типов.

*КС: комбинированный СВЧ-фильтр, полосно-пропускающий СВЧ-фильтр, режекторный СВЧ-фильтр, входной импеданс, «прицельная» помеха*

## MICROWAVE COMBINED FILTERS WITH BAND-PASS AND REJECTING PROPERTIES

A. V. Baranov, A. L. Kozikov, E. L. Priver

*Open Joint-stock Company Scientific and Production Enterprise «SALUT», Nizhny Novgorod*

The combined microwave filters with band-pass and rejecting properties are investigated. The input impedances of the combined filter and its parts are obtained. The conditions for optimum operation of the combined filter are determined. Based on analysis the advantages of combined filters are presented. The combined filters have advantages for the rejecting point-type (or frequency) jamming with closely spaced frequencies. The examples of proposed filters designs are demonstrated.

*Keywords: combined filter, band-pass filter, rejecting filter, point-type jamming, frequency jamming, input impedance*

## **ВОЛНОВОДНО-МИКРОПОЛОСКОВЫЙ ПЕРЕХОД X-ДИАПАЗОНА**

**С. Н. Семенин, Д. Н. Скобелев**

*ООО «НИИ радиолокации и связи», г. Москва, Зеленоград*

**С. С. Бушкин**

*АО «НИИП имени В.В. Тихомирова», г. Жуковский*

**Д. М. Немирич**

*«ЛГ Электроникс Инк.», г. Санкт-Петербург*

Рассматривается волноводно-микроросконовый переход, предназначенный для работы в диапазоне частот 9,1...9,8 ГГц. В конструкции используется стандартная микророскоповая техника в сочетании со ступенчатой конструкцией волновода, что позволяет осуществить переход от микророскоповой линии к волноводу 18,5×5 мм. При этом переход имеет небольшие геометрические размеры. Моделирование перехода выполнено посредством программы HFSS. Интегральный коэффициент стоячей волны перехода, полученный экспериментальным путем, составил 1,4.

*КС: волноводно-микророскоповый переход, микророскоповая линия*

## **X-BAND WAVEGUIDE-TO-MICROSTRIP TRANSITION**

**S. N. Semenin, D. N. Skobelev**

*JSC “RI of radiolocation and communications”, Moscow, Zelenograd*

**S. S. Bushkin**

*JSC “RI of instrument engineering named after Tikhomirov”, Zhukovsky*

**D. M. Nemirich**

*“LG Electronics Inc.”, St.Petersburg*

In this paper the design of waveguide-to-microstrip transition for 9.1-9.8 GHz frequency band is considered. The design is made using standard printed-circuit technique and stepped construction of waveguide that allows a direct connection of 18.5×5 mm waveguide to microstrip. Transition has very compact geometry. Design and optimization of this novel transition has been performed using 3-D element method based software HFSS (High Frequency Structure Simulator). The voltage standing-wave ratio, VSWR, of the transition confirmed by the experimental measurements is 1.4 in all frequency bands.

*Keywords: waveguide-to-microstrip transition, microstrip line*



## ИССЛЕДОВАНИЕ МОЩНЫХ УСИЛИТЕЛЬНЫХ ГМИС X-ДИАПАЗОНА НА ТРАНЗИСТОРАХ ИЗ НИТРИДА ГАЛЛИЯ

А. М. Темнов, К. В. Дудинов, А. А. Трофимов, А. А. Елифанцев, Е. В. Киселева

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

### *Часть 2*

Исследованы однокаскадные миниатюрные усилительные ГМИС X-диапазона на GaN-транзисторах TGF2023-1, TGF2023-2 и TGF2023-5. Показано, что на металлизированном основании из синтетического поликристаллического алмаза размерами 3,5×3 мм и толщиной 0,2 мм получена выходная мощность 5, 10 и 17 Вт соответственно при напряжении питания 30 В. Исследован миниатюрный двухкаскадный усилительный ГМИС предварительного усиления мощности с последовательным питанием транзисторов на GaAs и GaN при напряжении питания 30 В. Показано, что этот усилитель целесообразно использовать для возбуждения выходных однокаскадных усилительных ГМИС на транзисторах TGF2023-1, TGF2023-2 и TGF2023-5.

*КС: однокаскадные и двухкаскадный миниатюрные усилительные ГМИС, X-диапазон, транзистор на GaAs, транзистор на GaN*

## THE INVESTIGATION OF X-RANGE HIGH-POWER AMPLIFYING HMICS ON GaN TRANSISTORS

A. M. Temnov, K. V. Dudinov, A. A. Trofimov, A. A. Epifantsev, E. V. Kiseleva

*JSC “RPC “Istok” named after Shokin”, Fryazino*

### *Part 2*

X-range one-stage miniature amplifying HMICs on GaN transistors TGF2023-1, TGF2023-2 and TGF2023-5 have been investigated. It was shown that on metalized base made of synthetic polycrystalline diamond 3.5×3 mm in size and 0.2 mm in thick the output power of 5, 10 and 17 W was obtained at supplying voltage 30 V accordingly. A miniature two-stage amplifying HMIC of power preamplification with series feed of GaAs and GaN transistors with supplying voltage 30 V has been investigated. It was shown that it's appropriate to use this amplifier for activating output one-stage amplifying HMICs on TGF2023-1, TGF2023-2 and TGF2023-5 transistors.

*Keywords: one-stage and two-stage miniature amplifying HMICs, X-range, GaAs transistor, GaN transistor*

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭМИССИОННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**В. И. Капустин**

*МИРЭА, г. Москва*

**И. П. Ли, А. В. Шуманов**

*ОАО «Плутон», г. Москва*

Предложена новая методика, позволяющая по результатам обработки вольт-амперных характеристик термоэмиссии с катодного материала при нескольких значениях температуры материала определять средний размер центров термоэмиссии и среднее расстояние между ними, а также параметры активирования центров термоэмиссии неоднородного катодного материала. Методика апробирована на примере стандартного металлопористого катода.

*КС: термоэлектронная эмиссия, катодные материалы, центры термоэмиссии, вольт-амперные характеристики, уравнение Ричардсона, закон степени 3/2, эффект Шоттки, кислородные вакансии в оксиде, работа выхода материала*

## THE METHODOLOGY FOR DETERMINING PARAMETERS OF EMISSION NONUNI-FORMITY OF CATHODE MATERIALS

**V. I. Kapustin**

*MIREA, Moscow*

**I. P. Li, A. V. Shumanov**

*JSC "Pluton", Moscow*

A new methodology has been suggested. It allows to determine medium size of thermionic emission centers and average distance between them as well as parameters of activating thermionic emission centers of nonuniform cathode material by using the results of processing volt-ampere characteristics of thermionic emission from cathode material at several values of the material temperature. The methodology was tested on a standard dispenser cathode.

*Keywords: thermionic emission, cathode materials, thermionic emission centers, volt-ampere characteristics, Dushman-Richardson equation, 3/2 degree law, Schottky effect, oxygen vacancies in oxide, material work function*

УДК 621.385.73

## НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ КРУПНОГАБАРИТНЫЕ КАТОДНО-ПОДОГРЕВАТЕЛЬНЫЕ УЗЛЫ

В. И. Алехина, Д. С. Королев, С. В. Королев

*Всероссийский электротехнический институт им. В.И. Ленина, г. Москва*

Рассмотрены принципы создания крупногабаритных катодно-подогревательных узлов с площадью эмитирующей поверхности в несколько сотен квадратных сантиметров

*КС: низкотемпературный катодно-подогревательный узел, площадь эмитирующей поверхности*

## LOW-TEMPERATURE LARGE-SIZE CATHODE HEATING UNITS

V. I. Alekhina, D. S. Korolev, S. V. Korolev

*All-Russian Electrotechnical Institute named after V.I. Lenin, Moscow*

The principles of creating large-size cathode heating units with the emitting surface area equal to several hundreds of square centimeters have been considered.

*Keywords: low-temperature cathode-heating unit, emitting surface area*

УДК 537.533.7.8

## ВЛИЯНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ Ва<sup>+</sup> НА СОСТАВ И ЭМИССИОННЫЕ СВОЙСТВА W И WO<sub>2</sub>

З. Э. Мухтаров<sup>1</sup>, З. А. Исаханов<sup>1</sup>, Б. Е. Умирзаков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт ионно-плазменных и лазерных технологий АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан;*

<sup>2</sup>*Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан*

Исследованы механизмы изменения эмиссионных свойств поверхности W и WO<sub>2</sub> при имплантации ионов Ва<sup>+</sup>. Получены зависимости коэффициента вторичной электронной эмиссии от энергии первичных электронов до и после имплантации ионами Ва<sup>+</sup> с  $E_0 = 1$  кэВ при  $D \approx 8 \cdot 10^{17}$  см<sup>-2</sup>. Обнаружено уменьшение работы выхода с поверхности W при образовании на поверхности монослойного покрытия из атомов Ва, а в случае WO<sub>2</sub> – монослойного покрытия из окиси Ва. При имплантации ионов Ва<sup>+</sup> в WO<sub>2</sub> в приповерхностном слое (толщина 50...60 Å) наряду с оксидами WO<sub>n</sub> образуются соединения типа Ва–О, W–Ва–О.

*КС: ионная имплантация, электронная структура, эмиссия вторичных электронов, фотоэлектронная спектроскопия, работа выхода, монослойные покрытия, атомная плотность, деформация, травление, ширина запрещенной зоны, оксиды*

# THE INFLUENCE OF Ba<sup>+</sup> ION LOW-ENERGY IMPLANTATION ON COMPOSITION AND EMISSION PROPERTIES OF W AND WO<sub>2</sub>

Z. E. Mukhtarov<sup>1</sup>, Z. A. Isakhanov<sup>1</sup>, B. E. Umirzakov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of ion-plasma and laser technologies RUz AS, Tashkent, Uzbekistan;*

<sup>2</sup>*Tashkent state engineering university, Uzbekistan*

The mechanisms of changing the emission properties of W and WO<sub>2</sub> surfaces at Ba<sup>+</sup> ion implantation have been investigated. The dependencies of the secondary electron emission ratio versus the energy of primary electrons before and after Ba<sup>+</sup> ion implantation with  $E_0 = 1$  keV at  $D \approx 8 \cdot 10^{17}$  cm<sup>-2</sup> were obtained. The decrease of work function from W surface was found out at the formation of Ba atoms monolayer coating on the surface, and in case of WO<sub>2</sub> – Ba oxide monolayer coating. When implanting Ba<sup>+</sup> ions into WO<sub>2</sub>, compositions of the type Ba–O, W–Ba–O are formed in subsurface layer (50...60 Å thickness) alongside with WO<sub>n</sub> oxides.

*Keywords: ion implantation, electronic structure, secondary electron emission, photoelectron spectroscopy, work function, monolayer coatings, atomic density, deformation, etching, energy-gap width, oxides*

УДК 621.385.6.029.64:61

## ТЕРАГЕРЦОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ – ИНСТРУМЕНТ XXI ВЕКА (использование в медико-биологических исследованиях)

К. Д. Казаринов

*ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН*

Предлагается обзор результатов экспериментальных и теоретических работ по применению терагерцового излучения в медико-биологических исследованиях за последние 10 лет – время стремительного развития данного направления, связанного с появлением на рынке технологичных источников в широком диапазоне ТГц-излучения, а также волноведущих устройств и приемников данного вида излучения.

*КС: терагерцовое излучение, содержание воды в биологических тканях, кожа человека, инвазивная и неинвазивная диагностика, механизмы биологического действия ТГц-излучения, водные биологические среды, мембранные клеточные структуры, окислительный стресс клетки*

## TERAHERTZ RADIATION – THE XXI-ST CENTURY INSTRUMENT (application in medical-biological investigations)

K. D. Kazarinov

*FIRE named after V.A. Kotelnikov RAS*

A review concerning the results of theoretical and experimental work on application of terahertz radiation in medical-biological investigations during the recent 10 years – the time of rapid development of this trend, connected with the appearance on the market of high-tech sources in a wide range of THz-radiation as well as waveguide devices and receivers of such kind of radiation has been proposed.

*Keywords: terahertz radiation, water content in biological tissues, human skin, invasive and non-invasive diagnostics, mechanisms of biological effect of THz radiation, aqueous biological media, membrane cellular structures, oxidative cell stress*

## УЗКОПОЛОСНЫЙ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ШУМОВОЙ ГЕНЕРАТОР

**Б. Е. Кяргинский**

*ФирЭ им. В. А. Котельникова РАН, г. Фрязино*

Предлагается перестраиваемый узкополосный шумовой генератор, в котором используются широкополосные сигналы и узкополосный перестраиваемый фильтр.

*КС: генератор, усилитель, фильтр, напряжение, мощность, полоса усиления, частота*

## A NARROWBAND TUNABLE NOISE OSCILLATOR

**B. E. Kyarginsky**

*FIRE named after V.A. Kotelnikov RASc, Fryazino*

A tunable narrowband noise oscillator is proposed in which wideband signals and a narrowband tunable filter are used.

*Keywords: oscillator, amplifier, filter, voltage, power, amplification band, frequency*

## ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ МОДУЛЯ РАДИУС-ВЕКТОРА СО СЛУЧАЙНЫМИ КООРДИНАТАМИ В ПРОСТРАНСТВАХ РАЗЛИЧНОЙ РАЗМЕРНОСТИ

**А. К. Балыко**

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

Получены выражения для плотностей распределения вероятности модуля вектора, координаты которого в пространствах различной размерности распределены по нормальному закону.

*КС: плотность распределения вероятности, закон Рэлея*

## THE DENSITY OF PROBABILITY DISTRIBUTION OF RADIUS-VECTOR MODULE WITH ACCIDENTAL COORDINATES IN DIFFERENT DIMENSIONALITY SPACE

**A. K. Balyko**

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

The expressions for the densities of probability distribution of vector module which coordinates in different dimensionality spaces are distributed according to the normal law have been obtained.

*Keywords: density of probability distribution, the Rayleigh law*

**МОДЕЛЬ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ  
РАДИОЭЛЕКТРОННОГО КЛАСТЕРА  
В ОСОБОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗОНЕ**

**М. В. Чекаданова**

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

Описаны цели и задачи, структура, участники, механизмы взаимодействия, источники экономической эффективности модели инновационного развития радиоэлектронного кластера в особой экономической зоне.

*КС: модель, инновационное развитие, радиоэлектронный кластер, особая экономическая зона*

**MODEL OF THE RADIO-ELECTRONIC CLUSTER  
INNOVATIVE DEVELOPMENT  
IN THE SPECIAL ECONOMIC ZONE**

**M. V. Chekadanova**

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

The purposes and tasks, structure, participants, interaction mechanisms, sources of economic efficiency of model radio-electronic cluster innovative development in the special economic zone are described in the article.

*Keywords: model, innovative development, radio-electronic cluster, special economic zone*