

# Вестник

Московского государственного  
технического университета  
имени Н.Э. Баумана

3 [108] 2016

Май — июнь

Серия «Приборостроение»

Научно-теоретический и прикладной журнал  
Издается с 1990 г.

Выходит один раз в два месяца

# Herald

of the Bauman  
Moscow State  
Technical University

3 [108] 2016

May — June

Series Instrument Engineering

Scientific - theoretical and applied - science journal  
Published since 1990

Issued every two months

*Журнал входит 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, сформированный в соответствии с приказом Минобрнауки России от 25 июня 2014 г. № 793 (с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от 3 июня 2015 г. № 560).*

## СОДЕРЖАНИЕ

### Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы

- Цепулин В.Г., Толстогузов В.Л., Карасик В.Е., Перчик А.В.,  
Арефьев А.П. Измерение распределения толщин многослойных пленочных  
структур методами спектральной рефлектометрии..... 3

### Авиационная и ракетно-космическая техника

- Кичигин А.А., Шахтарин Б.И. Алгоритм обработки сигнала  
в автономном устройстве фиксации высоты..... 13
- Воронов Е.М., Серов В.А., Клишин М.А., Любавский К.К.,  
Савчук А.М. Многокритериальный синтез законов траекторной адаптации  
параметров трехканальной системы стабилизации беспилотного летатель-  
ного аппарата ..... 24

### Радиотехника и связь

- Анженко А.А., Бонч-Бруевич А.М., Гуменный К.А., Сычев М.П.  
Перспективный метод обнаружения аperiodических импульсных сигналов  
побочных электромагнитных излучений ..... 42

### Физика

- Судаков В.Ф. Частотная характеристика кольцевого лазера со знакопере-  
менной частотной подставкой..... 51

### Информатика, вычислительная техника и управление

- Девятков В.В. Верификация свойств интеллектуальных интерфейсов  
в логике тайлов..... 65

<b>Симоньянц Р.П.</b> Квантово-механическая модель динамики релейно-импульсного управления .....	88
<b>Лобусов Е.С., Тьонг Хоанг Мань.</b> Генерирование случайных воздействий при исследовании устройств и систем управления .....	102
<b>Иванов Д.Е., Громова Т.В., Швецова-Шиловская Т.Н.</b> Автоматизированный анализ контролепригодности систем контроля технологического оборудования на опасных производственных объектах .....	114
<b>Бойченко М.К., Иванов И.П., Кондратьев А.Ю.</b> Функциональная модель ненагруженных Ethernet-коммутаторов .....	129

## CONTENTS

### Instrument Engineering, Metrology, Information-Measuring Instruments and Systems

<b>Tsepulin V.G., Tolstoguzov V.L., Karasik V.E., Perchik A.V., Arefev A.P.</b> Thickness Distribution Measurement of Multilayer Film Structures by Spectral Reflectometry Methods .....	3
--	---

### Aviation, Rocket and Space Engineering

<b>Kichigin A.A., Shakhtarin B.I.</b> Signal Processing Algorithm in Autonomous System of Altitude Fixation.....	13
<b>Voronov E.M., Serov V.A., Klishin M.A., Lyubavskiy K.K., Savchuk A.M.</b> Multicriteria Synthesis of Trajectory Adaptation Rules for the Three Channel Stabilization System Parameters of Unmanned Aircraft .....	24

### Radio Engineering

<b>Anzhenko A.A., Bonch-Bruevich A.M., Gumennyi K.A., Sychev M.P.</b> Promising Method for Detecting Aperiodic Pulsed Signals of Extraneous Electromagnetic Radiation .....	42
---	----

### Physics

<b>Sudakov F.V.</b> Frequency Response of a Ring Laser with an Alternating Frequency Pedestal .....	51
---	----

### Informatics, Computer Engineering and Control

<b>Devyatkov V.V.</b> Verification of Intelligent Interface Properties in the Tiles Logic.....	65
<b>Simonyants R.P.</b> Quantum-Mechanical Model of the Relay and Pulse Control Dynamics.....	88
<b>Lobusov E.S., Tuong Hoang Manh.</b> Generation of Random Signals in Control Units and Systems Research.....	102
<b>Ivanov D.E., Gromova T.V., Shvetsova-Shilovskaya T.N.</b> Automated Controllability Analysis of Technological Equipment Control Systems on Dangerous Production Facilities.....	114
<b>Boychenko M.K., Ivanov I.P., Kondrat'ev A.Yu.</b> Functional Model of Unloaded Ethernet-Switches.....	129

# ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

DOI: 10.18698/0236-3933-2016-3-3-12

УДК 534:535

## Измерение распределения толщин многослойных пленочных структур методами спектральной рефлектометрии

**В.Г. Цепулин, В.Л. Толстогузов, В.Е. Карасик,  
А.В. Перчик, А.П. Арефьев**

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация  
e-mail: v.tsepulin@bmstu.ru

*Рассмотрен спектральный метод измерения распределения толщин слоев многослойных пленочных структур, предложены методы калибровки измерительной установки и фильтрации полученных решений. Указанные методы проверены экспериментально с помощью собранного гиперспектрального микроскопа на основе двойного акусто-оптического видеомонохроматора. Приведен анализ результатов измерения толщины двухслойной пленочной структуры из диоксида кремния (SiO<sub>2</sub>) и полиметилметакрилата на кремниевой подложке.*

**Ключевые слова:** многослойные пленочные структуры, рефлектометрия, профилометрия, акусто-оптический фильтр, тонкие пленки.

## Thickness Distribution Measurement of Multilayer Film Structures by Spectral Reflectometry Methods

**V.G. Tsepulin, V.L. Tolstoguzov, V.E. Karasik, A.V. Perchik,  
A.P. Arefev**

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation  
e-mail: v.tsepulin@bmstu.ru

*We examine the spectral method of measurement of multilayer film structures layers thickness distribution. Moreover, we propose a method of the measurement unit calibration and a method of filtering the obtained solutions. The methods mentioned are validated experimentally by means of the assembled hyperspectral microscope based on the dual acousto-optical videomonochromator. We analyse the thickness measurement results of the two-layer silicon dioxide (SiO<sub>2</sub>) film structure and polymethylmethacrylate structure on silicon substrate.*

**Keywords:** multilayer film structures, reflectometry, profilometry, acousto-optical filter, thin films.