

Номер 11

ISSN 1028-0960

Ноябрь 2024



# ПОВЕРХНОСТЬ

*Рентгеновские, синхротронные  
и нейтронные исследования*



НАУКА

— 1727 —

Российская академия наук

# ПОВЕРХНОСТЬ

## РЕНТГЕНОВСКИЕ, СИНХРОТРОННЫЕ И НЕЙТРОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 11 2024 Ноябрь

Журнал основан в 1982 году  
Выходит 12 раз в год  
ISSN: 1028-0960

*Издается под руководством  
Отделения физических наук РАН*

**Главный редактор**

Член-корреспондент РАН А.А. Левченко

**Редакционная коллегия:**

Г.Е. Абросимова, д.ф.-м.н. (*заместитель главного редактора*); В.Ю. Аристов, д.ф.-м.н.;  
А.С. Аронин, д.ф.-м.н.; А.В. Белушкин, д.ф.-м.н., член-корр. РАН; В.А. Бушуев, д.ф.-м.н.;  
Н.В. Волков, д.ф.-м.н.; А.Э. Волошин, д.ф.-м.н.; С.В. Григорьев, д.ф.-м.н.;  
В.П. Дмитриев, д.ф.-м.н.; А.П. Захаров, д.ф.-м.н.; В.М. Каневский, д.ф.-м.н.;  
М.В. Ковальчук, д.ф.-м.н., член-корр. РАН; Д.П. Козленко, д.ф.-м.н.;  
О.В. Коновалов, к.ф.-м.н.; С.В. Коновалов, д.т.н.;  
Э.А. Коптелов, д.ф.-м.н. (*заместитель главного редактора*);  
Е.С. Клементьев, к.ф.-м.н. (*ответственный секретарь*); А.А. Лебедев, д.т.н.;  
Д.В. Рощупкин, д.ф.-м.н.; А.В. Солдатов, д.ф.-м.н.; В.Г. Станкевич, д.ф.-м.н.;  
Д.Ю. Чернышов, к.ф.-м.н.; Н.И. Чхало, д.ф.-м.н.; Xizhang Chen, PhD

**Редакционный совет:**

Председатель: В.А. Матвеев, д.ф.-м.н., академик РАН;  
В.Л. Аксенов, д.ф.-м.н. член-корр. РАН; Ю.А. Владимиров, д.б.н., академик РАН;  
О.Д. Далькаров, д.ф.-м.н.; В.В. Кведер, д.ф.-м.н., академик РАН;  
Г.Н. Кулипанов, д.ф.-м.н., академик РАН; И.Г. Неизвестный, д.ф.-м.н. член-корр. РАН;  
Э.В. Суворов, д.ф.-м.н.

*Заведующая редакцией* Н.В. Еременко

*Научные редакторы:* Н.Е. Новикова, О.Н. Хрыкина

*Адрес редакции:* Москва, ул. Бутлерова, 17а

*Телефон:* +7 (499) 743-00-32

*E-mail:* surf@crys.ras.ru

*INTERNET:* <http://www.issp.ac.ru/journal/surface/>

Москва

ФГБУ Издательство «Наука»

## СОДЕРЖАНИЕ

Номер 11, 2024

### К 40-ЛЕТИЮ ОРГАНИЗАЦИИ ЯРОСЛАВСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА

Миграция хрома по поверхности оксида кремния под действием сильного электрического поля <i>И. В. Уваров, Л. А. Мазалецкий</i>	4
Особенности физических свойств пленочных структур на основе нанопленок вольфрама с различным фазовым составом <i>А. В. Проказников, Р. В. Селюков, В. А. Папорков</i>	12
Формирование наноструктур на поверхности пленок алюминий–кремний бомбардировкой низкоэнергетическими ионами аргона плазмы индукционного ВЧ-разряда <i>В. И. Бачурин, И. И. Амиров, К. Н. Лобзов, С. Г. Симакин, М. А. Смирнова</i>	24
Управляемое наноструктурирование тонких пленок методом наклонного напыления <i>О. С. Трушин, И. С. Фаттахов, М. М. Чебохин, А. А. Попов, Л. А. Мазалецкий</i>	32
Коэффициенты распыления для монокристаллических образцов $PbX$ ( $X = S, Se, Te$ ) с различной кристаллографической ориентацией <i>С. П. Зимин, И. И. Амиров, Л. А. Мазалецкий, Н. Н. Колесников, А. В. Тимонина</i>	41
Методы повышения эффективности процесса электроформовки открытых “сэндвич”-структур металл–диэлектрик–металл <i>В. М. Мордвинцев, Е. С. Горлачев, С. Е. Кудрявцев</i>	49
Анализ кристаллических фаз электроактивных форм композита сополимера поливинилиденфторида и тетрафторэтилена с нанографитом <i>В. И. Бачурин, Н. Г. Савинский, А. П. Храмов, М. А. Смирнова, Р. В. Селюков</i>	58
Самоформируемая нитрид-кремниевая наномаска и ее применения <i>В. К. Смирнов, Д. С. Кибалов, П. А. Лепшин, И. В. Журавлев, Г. Ф. Смирнова</i>	69
Окисление и травление тонких пленок рутения в кислородной плазме при низкой энергии ионов <i>И. И. Амиров, Н. В. Алов, П. Ю. Шаранов, Т. В. Рахимова</i>	81
Управление эрозией маски и коррекция профиля структур в адаптированном процессе глубокого реактивного ионного травления кремния <i>О. В. Морозов</i>	87
Исследование процессов внедрения и экстракции лития в тонкопленочном литий-ионном аккумуляторе методом резерфордовского обратного рассеяния <i>С. В. Курбатов, Н. С. Мелесов, Е. О. Паршин, А. С. Рудый, А. А. Мироненко, В. В. Наумов, А. М. Скундин, В. И. Бачурин</i>	99
Математическая модель радиационной проводимости и электронной эмиссии в широкозонных диэлектриках <i>А. В. Березин, В. М. Каневский, И. А. Тараканов</i>	109
Атомистическое моделирование сегрегации в тернарном наносплаве Pt–Pd–Ni <i>Н. И. Непша, Н. Ю. Сдобняков, В. М. Самсонов, И. В. Талызин, А. Ю. Колосов, Д. В. Жигунов, К. Г. Савина, А. А. Романов</i>	116

# Contents

---

---

No. 11, 2024

---

---

## ON THE 40TH ANNIVERSARY OF THE ORGANIZATION OF THE YAROSLAVL SCIENTIFIC CENTER

Migration of Chromium on the Silicon Oxide Surface under the Strong Electric Field <i>I. V. Uvarov, L. A. Mazaletsky</i>	4
Peculiarities of Physical Properties of Film Structures Based on Tungsten Nanofilms with Various Phase Composition <i>A. V. Prokaznikov, R. V. Selyukov, V. A. Paporkov</i>	12
Formation of Nanostructures on the Surface of Aluminium—Silicon Films by Bombardment with Low-Energy Argon Ions of Inductive RF Discharge Plasma <i>V. I. Bachurin, I. I. Amirov, K. N. Lobzov, S. G. Simakin, M. A. Smirnova</i>	24
Controlled Nanostructuring of Thin Films by Oblique Deposition <i>O. S. Trushin, I. S. Fattakhov, M. M. Chebokhin, A. A. Popov, L. A. Mazaletsky</i>	32
Sputtering Yields for Single Crystal Samples of PbX (X = S, Se, Te) with Different Crystallographic Orientations <i>S. P. Zimin, I. I. Amirov, L. A. Mazaletskiy, N. N. Kolesnikov, A. V. Timonina</i>	41
Methods for Increasing the Efficiency of the Electroforming Process of Open Metal—Insulator—Metal Sandwich Structures <i>V. M. Mordvintsev, E. S. Gorlachev, S. E. Kudryavtsev</i>	49
Analysis of Crystalline Phases of Electroactive Forms of Copolymer Composite of Polyvinylidene Fluoride and Tetrafluoroethylene with Nanographite <i>V. I. Bachurin, N. G. Savinski, A. P. Khramov, M. A. Smirnova, R. V. Selyukov</i>	58
Self-Forming Silicon Nitride Nanomask and its Applications <i>V. K. Smirnov, D. S. Kibalov, P. A. Lepshin, I. V. Zhuravlev, G. F. Smirnova</i>	69
Oxidation and Etching of Thin Ruthenium Films in Low Ion Energy Oxygen Plasma <i>I. I. Amirov, N. V. Alov, P. Yu. Sharanov, T. V. Rakhimova</i>	81
Control of Mask Erosion and Correction of Structure Profile in an Adapted Process of Deep Reactive Ion Etching of Silicon <i>O. V. Morozov</i>	87
Investigation of Intercalation and Deintercalation of Lithium Ions in Thin-Film Lithium-Ion Battery by Rutherford Backscattering Spectrometry <i>S. V. Kurbatov, N. S. Melesov, E. O. Parshin, A. S. Rudy, A. A. Mironenko, V. V. Naumov, A. M. Skundin, V. I. Bachurin</i>	99
Mathematical Model of Radiation Conductivity and Electron Emission in Wide-Gap Dielectrics <i>A. V. Berezin, V. M. Kanevskij, I. A. Tarakanov</i>	109
Atomistic Simulation of Segregation in Ternary Pt—Pd—Ni Nanoalloy <i>N. I. Nepsha, N. Yu. Sdobnyakov, V. M. Samsonov, I. V. Talyzin, A. Yu. Kolosov, D. V. Zhigunov, K. G. Savina, A. A. Romanov</i>	116

---

---