

«ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА.**Серия 3.****МИКРОЭЛЕКТРОНИКА»****Редакционный совет****Главный редактор****Красников Г.Я.**, д. т. н.,

академик РАН

Члены редакционного совета**В. В. Аристов**,

член-корреспондент РАН

Асеев А. Л., д. ф.-м. н.,

академик РАН

Бетелин В. Б., д. ф.-м. н.,

академик РАН

Бокарев В. П., к. х. н.,

ответственный секретарь

Бугаев А. С., д. ф.-м. н.,

академик РАН

Быков В. А., д. т. н.**Галиев Г. Б.**, д. ф.-м. н.**Горбачевич А. А.** д. ф.-м. н.,

член-корреспондент РАН

Горнев Е. С., д. т. н.,

зам. главного редактора

Грибов Б. Г., д. х. н.,

член-корреспондент РАН

Зайцев Н. А., д. т. н.**Ким А. К.**, к. т. н.**Критенко М. И.**, к. т. н.**Немудров В. Г.**, д. т. н.**Петричкович Я. Я.**, д. т. н.**Сигов А. С.**, д. ф.-м. н.,

академик РАН

Стемпковский А. Л., д. т. н.,

академик РАН

Чаплыгин Ю. А., д. т. н.,

академик РАН

Шелепин Н. А., д. т. н.,

зам. главного редактора

Эннс В. И., к. т. н.**Адрес редакции**

✉ 124460 г. Москва, Зеленоград,
1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1

☎ +7 495 229-70-43

✉ journal_EEM-3@mikron.ru

🌐 www.niime.ru/

zhurnal-mikroelektronika

Журнал издается с 1965 года

Учредитель

АО «Научно-исследовательский
институт молекулярной
электроники»

Слово редактора 4**Физические явления****В. В. Аристов, А. В. Никулов**

О возможности использования энергии устойчивого тока для
создания квантового источника мощности 5–16

Л. С. Успенская

Переключение спин-поляризованным током гибридных
структур на базе пермаллоя 17–22

Г. В. Баранов, А. Г. Итальянцев, К. Д. Щербачев

Эффект разделения компонентов пар Френкеля при ионной
имплантации структур $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 23–28

Разработка и конструирование**М. А. Королев, А. Ю. Красюков, Т. Ю. Крупкина, Ю. А. Чаплыгин**

Влияние расположения и глубины контактов к стоку / истоку на
параметры 3D беспереходного МОП-транзистора 29–36

А. С. Шалимов

Способ удаления случайной постоянной составляющей
из входного сигнала в условиях сильного зашумления
и априорной неопределенности 37–43

Процессы и технология**Ф. И. Высикайло, В. С. Митин, А. А. Якушкин, В. В. Беляев**

Физическое легирование для управления нанокристаллической
структурой и свойствами многофазных композитных металл-
углеродных покрытий на базе карбидов 44–58

Свойства материалов**М. М. Афанасьев, Н. А. Кузнецова, Т. В. Чальцева**

Использование негативных фоторезистов серии ФН-16У для
получения металлической маски из тугоплавких металлов 59–62

Математическое моделирование**Г. Я. Красников, Е. С. Горнев, И. В. Матюшкин**

Общая теория технологии и микроэлектроника:
Часть 3. Уровень технологической операции 63–93

Квантовые компьютеры**А. В. Белинский**

О квантовом телеграфе 94–97

Памяти члена-корреспондента РАН

В. В. Аристова 98

Журнал включен Всероссийской аттестационной комиссией (ВАК)
в число изданий, рекомендованных для публикации статей соискателей
ученых степеней кандидата и доктора наук №1969

"ELECTRONIC ENGINEERING. Series 3. MICROELECTRONICS"

Editorial Council

Chief Editor

G.Ya. Krasnikov, Sc. D.,
Full Member of the RAS

The Members of Editorial Council

V.V. Aristov, Sc. D.,
Corresponding Member of the RAS

Aseev A. L., Sc. D.,
Full Member of the RAS

Betelin V. B., Sc. D.,
Full Member of the RAS

Bokarev V. P., Ph.D.,
Responsible Secretary

Bugaev A. S., Sc. D.,
Full Member of the RAS

Bykov V. A., Sc. D.

Galiev G. B., Sc. D.

Gorbatsevich A. A., Sc. D.,
Corresponding Member of the RAS

Gornev E. S., Sc. D.,
Deputy Chief Editor

Gribov B. G., Sc. D.,
Corresponding Member of the RAS

Zaitsev N. A., Sc. D.

Kim A. K., Ph.D.

Kritenko M. I., Ph.D.

Nemudrov V. G., Sc. D.

Petrichkovich Ya. Ya., Sc. D.

Sigov A. S., Sc. D.,
Full Member of the RAS

Stempkovskiy A. L., Sc. D.,
Full Member of the RAS

Chaplygin Yu. A., Sc. D.,
Full Member of the RAS

Shelepin N. A., Sc. D.,
Deputy Chief Editor

Enns V. I., Ph.D.

Editorial Staff Address

1-st Zapadny pr-d 12, str. 1.
Zelenograd, Moscow,
124460, Russian Federation

+7 495 229-70-43

journal_EEM-3@mikron.ru

www.niime.ru/

zhurnal-mikroelektronika

The journal is published since 1965

Founder

"Molecular Electronics Research Institute" Stock Company

Editor's Column 4

Physical phenomena

V. V. Aristov, A. V. Nikulov

About possibility of use of energy of the persistent current for making of a quantum power source 5–16

L. S. Uspenskaya

Spin-polarized current switching of permalloy based hybrid structures 17–22

G. V. Baranov, A. G. Italyantsev, K. D. Shcherbachev

The effect of Frenkel pairs components separation during ion implantation into SiO₂-Si structure 23–28

Development and designing

M. A. Korolev, A. Yu. Krasukov, T. Yu. Krupkina, Yu. A. Chaplygin

Influence of the spacer length and contact depth on the 3D junctionless MOSFET characteristics 29–36

A. S. Shalimov

Method of elimination of the constant random component from the input signal with small signal-to-noise ratio under prior uncertainty conditions 37–43

Processes and technology

P. I. Vysikaylo, V. S. Mitin, A. A. Yakushkin, V. V. Belyaev

Physical doping for control of nanocrystalline structure and properties of multiphase composite metal-carbon coatings on the basis of transition metal carbides 44–58

Properties of materials

M. M. Afanasyev, N. A. Kuznetsova, T. V. Chaltseva

The use of negative photoresists FN-16U series to produce a metal mask of refractory metals 59–62

Mathematical simulation

G. Ya. Krasnikov, E. S. Gornev, I. V. Matyushkin

General theory of technology and microelectronics: Part 3. Technological operation level 63–93

Quantum computers

A. V. Belinsky

On the quantum telegraph 94–97

In memory of the corresponding member of the RAS V. V. Aristov 98

The journal has included in the number of publications recommended for publication of articles by applicants for academic degrees of candidate and doctor of Sciences №1969 by the all-Russian attestation Commission (HAC)

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ УСТОЙЧИВОГО ТОКА ДЛЯ СОЗДАНИЯ КВАНТОВОГО ИСТОЧНИКА МОЩНОСТИ

Обычный электрический ток быстро затухает в кольце при наличии сопротивления и отсутствии электродвижущей силы. Но устойчивый ток, квантовое явление, наблюдающееся в кольцах из сверхпроводников, нормальных металлов и полупроводников благодаря квантованию Бора и эффекту Ааронова – Бома, не затухает сколь угодно долго при этих условиях. Было обнаружено, что устойчивый ток, как и обычный круговой ток, создает постоянную разность потенциалов, когда асимметричное кольцо или его сегменты переключаются между сверхпроводящим и нормальным состояниями. Данный экспериментальный результат однозначно свидетельствует о том, что асимметричное кольцо при определенных условиях является источником мощности постоянного тока. Предлагается использовать систему асимметричных сверхпроводящих колец в качестве рабочего источника постоянного тока в случае, когда кольца переключаются неравновесными тепловыми шумами.

Ключевые слова: источник мощности постоянного, устойчивый ток, асимметричные сверхпроводящие кольца, квантование Бора, эффект Ааронова – Бома

Сведения об авторах:

Аристов Виталий Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук, 142432, Московская область, Ногинский район, Черноголовка, Институтская ул., д. 6, e-mail: aristov@iptm.ru;

Николов Алексей Васильевич, кандидат физико-математических наук, Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук, 142432, Московская область, Ногинский район, Черноголовка, Институтская ул., д. 6, e-mail: nikulov@iptm.ru

ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ СПИН-ПОЛЯРИЗОВАННЫМ ТОКОМ ГИБРИДНЫХ СТРУКТУР НА БАЗЕ ПЕРМАЛЛОЯ

В работе обсуждается возможность практического использования эффектов смещения доменных границ током в полосковых структурах пермаллой, пермаллой / медь, пермаллой / тантал, пермаллой / ниобий. Сообщается об обнаружении интересного для приложений эффекта – раскрытии доменной границы в домен с поперечной намагниченностью, происходящего со скоростью ~4000 м/с, который может быть использован для последовательного обратимого переключения ряда элементов локальным магнитным полем.

Ключевые слова: спинтроника, динамика доменных границ, спин-поляризованный ток, пермаллой

Сведения об авторах:

Успенская Людмила Сергеевна, доктор физико-математических наук, Институт физики твердого тела Российской академии наук, 142432, Московская обл., г. Черноголовка, ул. Ак. Осипьяна, 2, e-mail: uspenska@issp.ac.ru

ЭФФЕКТ РАЗДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПАР ФРЕНКЕЛЯ ПРИ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ СТРУКТУР $\text{SiO}_2\text{-Si}$

В работе исследуются особенности накопления первичных радиационных дефектов, образованных при имплантации структуры $\text{SiO}_2\text{-Si}$ с проецированным пробегом ионов равным глубине залегания границы раздела фаз. Методами рентгеновской дифрактометрии обнаружен эффект устойчивого разделения первичных дефектов

ABOUT POSSIBILITY OF USE OF ENERGY OF THE PERSISTENT CURRENT FOR MAKING OF A QUANTUM POWER SOURCE

An electric current induced in a resistive circuit will rapidly decay in the absence of an applied voltage. But the persistent current, quantum phenomenon observed in rings of superconductors, normal metals and semiconductors due to the Bohr quantization and the Aharonov-Bohm effect does not decay any long time under these conditions. It was discovered that the persistent current, like conventional circular current, induces a DC voltage when the asymmetric ring or its segments are switched between superconducting and normal states. This experimental result clearly suggests that the asymmetric ring is a DC power source under certain conditions. It is proposed to use the system of asymmetric superconducting rings as a working DC source in the case when the rings are switched by non-equilibrium thermal noise.

Keywords: dc power source, persistent current, asymmetric superconducting rings, the Bohr quantization, the Aharonov-Bohm effect

Data of authors:

Aristov Vitaliy Vasilievich, Doctor of physical and mathematical Sciences, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Institute of Microelectronics Technology, Russian Academy of Sciences, 6, Institutskaya, Chernogolovka, Noginsk district, Moscow, 142432, e-mail: aristov@iptm.ru;

Nikulov Alexey Vasilievich, candidate of physical and mathematical Sciences, Institute of Microelectronics Technology, Russian Academy of Sciences, 6, Institutskaya, Chernogolovka, Noginsk district, Moscow, 142432, e-mail e-mail: nikulov@iptm.ru

SPIN-POLARIZED CURRENT SWITCHING OF PERMALLOY BASED HYBRID STRUCTURES

The applicability of the spin-polarized current for magnetic domain motion in single-layer permalloy stripes and bilayer permalloy / copper, permalloy / tantalum, permalloy / niobium stripes is discussed. The interesting for application effect of the transformation of the domain wall into the domain with perpendicular to the stripe in-plane magnetization is reported. The effect can be used for series switching of any magnetic field-sensitive elements with the rate of ~4000 m/s.

Keywords: spintronics, domain wall dynamics, spin-polarized current, permalloy

Data of authors:

Uspenskaya Ludmila Sergeevna, doctor of physical and mathematical Sciences, Institute of Solid State Physics of Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Moscow region, Academician Ossipyan Street, 2, 142432, e-mail: uspenska@issp.ac.ru

THE EFFECT OF FRENKEL PAIRS COMPONENTS SEPARATION DURING ION IMPLANTATION INTO $\text{SiO}_2\text{-Si}$ STRUCTURE

The features of radiation defects distribution after ion implantation of the $\text{SiO}_2\text{-Si}$ structure with a projected ion range equal to the depth of the interface are investigated. The effect of a stable radiation defects separation at the $\text{SiO}_2\text{-Si}$ interface which leads to the interstitial supersaturation of Si is observed using X-ray diffractometry.

на границе SiO₂-Si, приводящий к уникальной для радиационной физики ситуации пересыщения Si только по собственным междоузельным атомам.

Ключевые слова: ионная имплантация, многослойные структуры, SiO₂-Si, разделение пар Френкеля

Сведения об авторах:

Баранов Глеб Владимирович, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Россия, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12/1; Московский физико-технический институт (Государственный университет), 141700, Россия, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., 9, e-mail: baranov@phystech.edu;

Итальянцев Александр Георгиевич, доктор физико-математических наук, профессор, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники» 124460, Россия, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12/1, e-mail: aitalyantsev@niime.ru;

Щербачев Кирилл Дмитриевич, кандидат физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 119049, г. Москва, Ленинский проспект, д. 4, e-mail: chterb@gmail.com.

ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ И ГЛУБИНЫ КОНТАКТОВ К СТОКУ / ИСТОКУ НА ПАРАМЕТРЫ 3D БЕСПЕРЕХОДНОГО МОП-ТРАНЗИСТОРА

В статье описаны результаты исследования влияния расположения контактных областей и их глубины на основные параметры 3D двухзатворного беспереходного МОП-транзистора средствами TCAD. Показано, что в случае вертикальной конструкции прибора короткостокковый эффект проявляется лишь при расстоянии между стоковым контактом и электродом затвора менее 25 нм и усиливается при увеличении глубины контактной области. Приведено объяснение полученных зависимостей.

Ключевые слова: беспереходной транзистор, моделирование, tcad

Сведения об авторах:

Королев Михаил Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры интегральной электроники и микросистем; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»; 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, e-mail: mikor33@rambler.ru;

Красюков Антон Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры интегральной электроники и микросистем; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»; 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, e-mail: a_kras@org.miet.ru;

Крупкина Татьяна Юрьевна, доктор технических наук, профессор кафедры интегральной электроники и микросистем; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»; 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, e-mail: krupkina@dtd.miee.ru;

Чаплыгин Юрий Александрович, академик Российской академии наук, президент Научно-исследовательского университета «Московский институт электронной техники», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский

Keywords: Ion implantation, multilayer structures, SiO₂-Si, Frenkel pairs separation

Data of authors:

Baranov Gleb Vladimirovich, "Molecular Electronics Research Institute" Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1-st Zapadny proezd, 12/1, Moscow Institute of Physics and Technology (State University), 141701, Russia, Dolgoprudny, Institutskiy per. 9, e-mail: baranov@phystech.edu;

Italyantsev Aleksandr Georgievich, doctor of physico-mathematical Sciences, professor, "Molecular Electronics Research Institute" Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1-st Zapadny proezd, 12/1, e-mail: aitalyantsev@niime.ru;

Shcherbachev Kirill Dmitrievich, candidate of physical and mathematical Sciences, associate professor, National University of Science and Technology "MISIS", office 626, 4, Leninskiy prospect, Moscow, 119049, e-mail: chterb@gmail.com.

INFLUENCE OF THE SPACER LENGTH AND CONTACT DEPTH ON THE 3D JUNCTIONLESS MOSFET CHARACTERISTICS

Dependences of spacer length and junction depth on electrical parameters for double-gate junctionless transistor were calculated using Sentaurus TCAD simulation package. It was shown in double-gate junctionless MOSFET, short-drain effect appears only at spacer length less than 25nm. This effect enhanced with increase in junction depth.

Keywords: junctionless transistor, simulation, tcad

Data of authors:

Korolev Mikhail Alexandrovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Integrated Electronics and Microsystems; National Research University of Electronic Technology; Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: mikor33@rambler.ru;

Krasukov Anton Yurievich, Candidate of Engineering Sciences, Docent of the Department of Integrated Electronics and Microsystems; National Research University of Electronic Technology; Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: a_kras@org.miet.ru;

Krupkina Tatiana Yurievna, Doctor of Engineering Sciences, Professor the Department of Integrated Electronics and Microsystems; National Research University of Electronic Technology; Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: krupkina@dtd.miee.ru;

Chaplygin Yury Alexandrovich, Academician of Russian Academy of Sciences, President of National Research University of Electronic Technology; Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: ieem@miee.ru

институт электронной техники»; 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, e-mail: ieet@miee.ru.

СПОСОБ УДАЛЕНИЯ СЛУЧАЙНОЙ ПОСТОЯННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИЗ ВХОДНОГО СИГНАЛА В УСЛОВИЯХ СИЛЬНОГО ЗАШУМЛЕНИЯ И АПРИОРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Целью исследования является разработка способа выделения полезного сигнала, поступающего с первичных преобразователей физических величин, таких как МЭМС, из сигнала, представляющего собой результат эксперимента.

Отсутствие полной и достоверной информации о характере полезного сигнала и шума при условии, что обе указанные составляющие находятся в одном и том же частотном диапазоне, обуславливают определенные трудности при работе с сигналами, поступающими с подобных источников. Это определяет актуальность разработки такого способа фильтрации, который даст возможность выделения полезного сигнала в условиях априорной неопределенности. Данный способ может представлять интерес практически во всех областях современной техники, использующей в качестве первичного источника сигнала данные, поступающие с датчиков, выполняющих измерение параметров физических величин, предсказание точных значений которых не представляется возможным.

Для решения поставленной задачи представляется целесообразным обратиться к теории выбросов случайных процессов и на базе существующих решений сформулировать новый подход путем выдвижения гипотезы о наличии функциональной связи между наивероятнейшим значением длительности положительного выброса и периодом следования точек в реализации случайного процесса, степень зависимости которых является минимальной. Это дает возможность рассматривать результаты эксперимента в качестве реализации случайного процесса, подчиняющегося известному закону распределения, и сформулировать основные граничные условия, при выполнении которых предлагаемый способ будет универсален для широкого класса источников первичного сигнала.

Ключевые слова: априорная неопределенность, оптимальная фильтрация, методы обнаружения и предсказания сигналов, МЭМС

Сведения об авторах:

Шалимов Андрей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»; 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, e-mail: 85e@mail.ru.

ФИЗИЧЕСКОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ МНОГОФАЗНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МЕТАЛЛ-УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА БАЗЕ КАРБИДОВ

Решена фундаментальная научная задача для микро- и нанoeлектроники – разработаны методы создания и исследования свойств физически легированных материалов с пространственно-неоднородной структурой на микро- и нанометровом масштабе. Разработаны наноструктурированные материалы с повышенной прочностью и износостойкостью, неоднородные на нанометровом уровне, физически легированные наноструктурами – квантовыми ловушками для свободных электронов. Решение этой задачи позволит создавать новые наноструктурированные материалы, исследовать с высокой точностью их различные физические параметры,

METHOD OF ELIMINATION OF THE CONSTANT RANDOM COMPONENT FROM THE INPUT SIGNAL WITH SMALL SIGNAL-TO-NOISE RATIO UNDER PRIOR UNCERTAINTY CONDITIONS

The present work describes the method of extraction of informative signal from primary converters of physical values such as MEMS, which represent the result of experiment.

Missing of reliable information about the type of informative signal and noise on the assumption of the identical frequency band for both of them, causes the appearance of difficulties during the processing of input signal. This determines the actuality of development of such method of extraction of informative signal, which will give the ability to work under prior uncertainty conditions. This method can be useful in different fields of science, which operates with data from sensors, performing the measure of physical values, which exact values cannot be predicted.

Described task can be solved with the help of theory of splashes of random values in order of developing new method on the base of the hypothesis of presence of relation between the most probable value of duration of positive splash and the period of signal count, with the minimum amount of dependence between this counts. This hypothesis gives the ability to analyze the results of experiment like the realization of random process, which can be described with one of the well-known distribution laws and to formulate the boundary conditions for achieving of universality of the present method.

Keywords: prior uncertainty; optimal filtration; signal detection and prediction; MEMS

Data of authors:

Shalimov Andrey Sergeevich, candidate of technical Sciences, Associate Professor, National Research University of Electronic Technology; Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: 85e@mail.ru.

PHYSICAL DOPING FOR CONTROL OF NANOCRYSTALLINE STRUCTURE AND PROPERTIES OF MULTIPHASE COMPOSITE METAL-CARBON COATINGS ON THE BASIS OF TRANSITION METAL CARBIDES

The fundamental scientific problem for micro- and nanoelectronics has been solved – methods for creating and investigating properties of physically doped materials with spatially inhomogeneous structure at the micro- and nanometer scale have been developed. Nanostructured materials, including those with increased strength and wear resistance, are inhomogeneous at the nanolevel, physically doped with nanostructures-quantum traps for free electrons. The solution of this problem will allow creating new nanostructured materials, investigating their various physical parameters with high accuracy, designing, manufacturing and operating devices with new technical and functional capabilities, including for the nuclear industry. The method for multiphase

конструировать, изготавливать и эксплуатировать устройства с новыми техническими и функциональными возможностями, в том числе и для атомной промышленности. Разработан метод многофазных наноструктурных композиционных покрытий (на основе карбидов переходных металлов) с высокой твердостью 30 ГПа, низким коэффициентом трения до сухого 0,13–0,16, с высокой термостойкостью до 3000 °С и термической стабильностью нанокристаллического состояния более 1200 °С. Управление нанокристаллической структурой и свойствами карбидных композитных многофазных покрытий осуществляется путем изменения концентрации свободного углерода в них для образования в материале нанографита аморфной фазы. Установлено, что присутствие нанографита в композите значительно улучшает ударную вязкость и расширяет диапазон возможных применений таких композитов по сравнению с чистыми карбидами.

Ключевые слова: нанокompозит на основе карбидов переходных металлов, управление свойствами нанокompозитов, коэффициент сухого трения, износостойкость, температуростойкость нанокompозитов, метод физического легирования нанокompозитов

Сведения об авторах:

Высикало Филип Иванович, доктор физико-математических наук, Акционерное общество «Московский радиотехнический институт РАН», 117519, Россия, Москва, Варшавское шоссе, д. 132., e-mail: filvys@yandex.ru;

Митин Валерий Семёнович, кандидат технических наук, Открытое акционерное общество «Высокотехнологический научно исследовательский институт неорганических материалов им. акад. А. А. Бочвара», 123098, Москва, ул. Рогова, д. 5а, e-mail: mitin2@mail.ru;

Якушкин Алексей Александрович, Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований», 142190, г. Москва, г. Троицк, ул. Пушкиновых, вл. 12, e-mail: yakushkin.aa@gmail.com;

Беляев Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор, «Московский государственный областной университет», 105005, г. Москва, ул. Радио д. 10 а, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет Дружбы Народов», 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, e-mail: vic_belyaev@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕГАТИВНЫХ ФОТОРЕЗИСТОВ СЕРИИ ФН-16У ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МАСКИ ИЗ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ

Показано, что «взрывная» фотолитография с фоторезистами серии ФН-16У позволяет производить качественную металлизацию подложек тугоплавкими металлами (Pt) без использования установок ионно-лучевого травления. В технологии можно использовать как проекционный, так и контактный способ формирования скрытого изображения в пленке фоторезиста, а также получить существенную экономию драгоценного металла.

Ключевые слова: негативный фоторезист; металлизация; тугоплавкий металл, «взрывная» литография

Сведения об авторах:

Афанасьев Михаил Мефодьевич, Акционерное общество «Ангстрем», 124460, Россия, город Москва, город Зеленоград, площадь Шокина, дом 2, строение 3; e-mail: afanasyevmm@angstrem.ru;

nanostructured composite coatings (based on carbides of transition metals) with high hardness of 30 GPa, a low coefficient of friction to dry 0,13–0,16, with high heat resistance up to 3000 °C and thermal stability in the nanocrystalline state over 1200 °C is developed. Management nanocrystalline structure and properties of carbide composite multiphase coatings is performed by varying the concentration of free carbon in them to form in the material of the amorphous phase nanographite. It is established, the presence nanographite in the composite significantly improves the impact strength and extends the range of possible applications, compared with pure carbides.

Keywords: nanocomposite, transition metal carbides, nanocomposite properties, friction coefficient, wear resistance, temperature resistance of nanocomposites physical alloying

Data of authors:

Vysikaylo Philip Ivanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, the Moscow Radiotechnical Institute, Russian Academy of Sciences, 117519, Russia, Moscow, Warsaw highway, 132, e-mail: filvys@yandex.ru

Mitin Valeriy Semyonovich, Candidate of Engineering Sciences, the A. A. Bochvar High-Technology Scientific Research Institute for Inorganic Materials, 123098, Russia, Moscow, Rogov street, 5a, e-mail: mitin2@mail.ru;

Yakushkin Alexey Aleksandrovich, Troitsk Institute for Innovation and Fusion Research, 12, st. Pushkovykh, vladenie, Troitsk, Moscow Region, 142190, e-mail: yakushkin.aa@gmail.ru;

Belyaev Victor Vasilevich, Doctor of technical science, Moscow Region State University, Professor, Peoples' Friendship University of Russia, 117198, Russia, Moscow, Miklukho-Maklaya street, 6, e-mail: vic_belyaev@mail.ru

THE USE OF NEGATIVE PHOTORESISTS FN-16U SERIES TO PRODUCE A METAL MASK OF REFRACTORY METALS

It was shown that the lift-off photolithography with photoresists FN-16U series gives high-quality metallization of substrates with refractory metals (Pt) without the use of ion-beam etching units. The technology can be used with both projection and contact methods to create image in the photoresist film, as well as to obtain significant savings in precious metal.

Keywords: negative photoresist, metallization; refractory metal, lift-off lithography

Data of authors:

Afanasyev Mikhail Meфodievich, Stock Company "Angstrem", 2 / 3, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124460, e-mail: afanasyevmm@angstrem.ru;

Kuznetsova Nina Aleksandrovna, Doctor of Chemical Sciences, Federal state unitary enterprise "State scientific center "Organic Intermediates and Dyes Institute", 1 / 4, Bolshaya Sadovaya Street, Moscow, Russia, 123001, e-mail: lab32@niopik.ru;

Chaltseva Tatiana Vladimirovna, Federal state unitary enterprise "State scientific center "Organic Intermediates and Dyes Institute", 1 / 4, Bolshaya Sadovaya Street, Moscow, Russia, 123001, e-mail: tat.chaltseva@gmail.com.

Кузнецова Нина Александровна, доктор химических наук, Федеральное государственное унитарное предприятие Государственный Научный Центр «Научно-исследовательский институт органических полупродуктов и красителей», 123001, г. Москва, ул. Большая Садовая, д. 1 корп. 4, e-mail: lab32@niopik.ru;

Чальцева Татьяна Владимировна, Федеральное государственное унитарное предприятие Государственный Научный Центр «Научно-исследовательский институт органических полупродуктов и красителей», 123001, г. Москва, ул. Большая Садовая, д. 1 корп. 4, e-mail: tat.chaltseva@gmail.com.

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ТЕХНОЛОГИИ И МИКРОЭЛЕКТРОНИКА: ЧАСТЬ 3. УРОВЕНЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ

В этой части завершено обсуждение специфики биологических и социальных технологий. Раскрыта связь телеологического классификационного критерия для технологий и компонентов технологической операции (ТО). Предложено две концептуальные схемы, фиксирующие содержание понятия преобразования и ТО. На примере микроэлектроники обсуждаются возможные классификации ТО. Особое внимание уделяется раскрытию понятия «технэ» на уровне ТО. В контексте промышленной технологии выявлены общие тенденции эволюции ТО микроэлектроники.

Ключевые слова: технология, операция, преобразование, живые системы, общество, концептуальные методы, теория родов структур Бурбаки

Сведения об авторах:

Красников Геннадий Яковлевич, доктор технических наук, профессор, Академик Российской академии наук, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: gkrasnikov@niime.ru;

Горнев Евгений Сергеевич, доктор технических наук, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: egornev@niime.ru;

Матюшкин Игорь Валерьевич, кандидат физико-математических наук, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, e-mail: imatushkin@niime.ru.

О КВАНТОВОМ ТЕЛЕГРАФЕ

Предложена и обоснована новая версия эксперимента с коррелированной парой фотонов в запутанном (entangled) состоянии для передачи информации благодаря мгновенному коллапсу квантового состояния системы при измерении одной из частиц.

Ключевые слова: невозмущающие измерения, запутанность, коллапс вектора состояния, нелинейная фазовая самомодуляция

Сведения об авторах:

Белинский Александр Витальевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики Земли физического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2; e-mail: belinsky@inbox.ru.

GENERAL THEORY OF TECHNOLOGY AND MICROELECTRONICS: PART 3. TECHNOLOGICAL OPERATION LEVEL

This part completed the consideration of biological and social technologies specificity. The affinity of teleological classification criteria for technologies and technological operation (TO) components is revealed. Two conceptual schemes apprehending the transformation idea and TO structure are formalized. On the microelectronics example the possible classification of TO is discussed. Special attention is paid to the disclosure of "techné" within TO level. In context of industrial technology, general trends in the evolution of TO in microelectronics are revealed.

Keywords: technology, operation, transformation, living systems, society, conceptual methods, Bourbaki's theory of structures

Data of authors:

Krasnikov Gennady Yakovlevich, *academician of Russian Academy of Sciences., doctor of Engineering Sciences, "Molecular Electronic Research Institute" Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadny proezd, d. 12/1, e-mail: gkrasnikov@niime.ru;*

Gornev Evgeny Sergeevich, *doctor of Engineering Sciences, "Molecular Electronic Research Institute" Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadny proezd, d. 12/1, e-mail: egornev@niime.ru;*

Matyushkin Igor Valerevich, *Candidate of Physico-Mathematical Sciences, "Molecular Electronic Research Institute" Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadny proezd, d. 12/1, e-mail: imatushkin@niime.ru.*

ON THE QUANTUM TELEGRAPH

A new version of the experiment with correlated pair of particles in entangled state is suggested and substantiated to transmit information due to the instant collapse of the quantum state of the system when one of the particles is measured.

Keywords: non-demolition measurements; entanglement; quantum state vector collapse; Kerr nonlinearity

Data of authors:

Belinsky Alexander Vital'evich, *Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Physics of the Earth, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University; 1, building 2, Leninskie Gory, Moscow, Russia, 119991; e-mail: belinsky@inbox.ru*