

Композиты и наноструктуры (Composites and Nanostructures)

Научно-технический журнал

<http://www.issp.ac.ru/journal/composites/>

ISSN 1999-7590

Издаётся с 2009 г.

Учредители:

ИФТТ РАН

ООО «Научно-техническое предприятие

«Выраж-Центр»

Редакция: ИФТТ РАН

Россия, 142432, г. Черноголовка Московской обл.

Тел./Факс: +7(49652)22493

<http://www.issp.ac.ru>

Ведущий редактор: Нелли Анатольевна Прокопенко

Издательство:

ООО НТП «Выраж-Центр»

Россия, 105264, Москва, ул. Верхняя Первомайская, д. 49, корп. 1 офис 401.

Почтовый адрес: Россия, 105043, Москва, а/я 29

Тел.: 7 495 780-94-73

<http://www.machizdat.ru>

e-mail: virste@dol.ru

Директор журнала

М.А.Мензуллов

Вёрстка

А.А.Мензуллов

Отпечатано: ООО «РПЦ ОФОРТ» г. Москва, пр-кт

Будённого, 21

Заказ №

Тираж 100

Цена – договорная

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации № ФС77-33449 от 08.10.2008.

Авторы опубликованных материалов несут полную ответственность за достоверность приведённых сведений, а также за наличие в них данных, не подлежащих открытой публикации. Материалы рецензируются.

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале, осуществляются только с разрешения редакции.

На первой стр. обложки: Рис. 2. (а)- FESEM изображение общего вида нановолокон; (b,c) - FESEM изображение отдельных волокон в форме гексагональной призмы и бамбука, соответственно; (d-g) – TEM изображение нановолокон в светлом поле, стр. 8 статья «Синтез и морфология наноструктур SiC при карботермическом восстановлении диоксида кремния».

Главный редактор

С.Т. Милейко

д-р техн. наук, проф., ИФТТ РАН, Россия

Редакционная коллегия

М.И. Алымов

чл.-корр. РАН, ИМЕТ РАН, Россия

Р. А. Андриевский

д-р физ.-мат. наук, ИПХФ РАН, Россия

Ю.О. Бахвалов

д-р техн. наук, ГКНПЦ им. Хруничева, Россия

С.И. Бредихин

д-р физ.-мат. наук, ИФТТ РАН, Россия

Л.Р. Вишняков

д-р техн. наук, ИПМ НАНУ, Украина

В. В. Видулин

проф., ФГУП ОНПП «ТЕХНОЛОГИЯ»

В.М. Кийко

канд. техн. наук, ИФТТ РАН, Россия

Ю.Р. Колобов

д-р физ.-мат. наук, проф., БелГУ, Россия

В.И. Костиков

чл.-корр. РАН, МИСИС, Россия

А.М. Куперман

д-р техн. наук, ИХФ РАН им. Н.Н. Семёнова, Россия

С.А. Лурье

д-р физ.-мат. наук, ВЦ РАН, Россия

Б.Е. Победра

д-р физ.-мат. наук, проф., МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия

В.Г. Севастьянов

д-р хим. наук, ИОНХ РАН, Россия

А.В. Серебряков

д-р техн. наук, проф., ИФТТ РАН, Россия

A.R. Bunsell

проф., Франция

K. Chawla

проф., США

T-W. Chou

проф., США

George C. Sih

проф., США

Shanyi Du

проф., Китай

T. Ishihara

проф. Япония

A. Kelly

проф., Великобритания

A. Koyama

проф. Япония

W.M. Kriven

проф., США

L.M. Manocha

проф., Индия

V.M. Orera

проф., Испания

H. Schneider

проф., Германия

K. Schulte

проф., Германия

M. Singh

проф., США

H.D. Wagner

проф., Израиль

Composites and Nanostructures

<http://www.issp.ac.ru/journal/composites/>

ISSN 1999-7590

Editor-in-Chief:

Professor **S.T. Mileiko**,
Institute of Solid State Physics of RAS, Russia

Editorial Board:

Professor **M.I. Alymov**

A.A. Baikov

Institute of Metallurgy and Materials Science of RAS, Russia

Professor **R. A. Andriyevskii**

Institute of Problem of Chemical Physics of RAS, Russia

Dr **Yu.O. Bakhvalov**

Khrunichev State Research and Production Space Center, Russia

Dr **S.I. Bredikhin**

Institute of Solid State Physics of RAS, Russia

Professor **A.R. Bunsell**

Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, France

Professor **K. Chawla**

University of Alabama, USA

Professor **T-W. Chou**

University of Delaware, USA

Professor **T. Ishihara**

Japan

Professor **Shanyi Du**

Harbin Institute of Technology, China

Professor **A. Kelly**

University of Cambridge, UK

Dr **V.M. Kiiko**

Institute of Solid State Physics of RAS, Russia

Professor **A. Koyama**

Kyoto University, Japan

Professor **Yu.R. Kolobov**

Belgorod State University, Russia

Professor **V.I. Kostikov**

State Technological University «Moscow Institute of Steel and Alloys»,
Russia

Professor **W.M. Kriven**

The University of Illinois at Urbana-Champaign, USA

Dr **A.M. Kuperman**

Institute of Chemical Physics of RAS, Russia

Professor **S.A. Lurie**

Dorodnicyn Computing Centre of RAS, Russia

Professor **L.M. Manocha**

Sardar Patel University, India

Professor **V.M. Orera**

Instituto de Ciencia de Materiales, Spain

Professor **B.E. Pobyedrya**

Lomonosov Moscow State University, Russia

Professor **H. Schneider**

Institute of Crystallography, University of Koeln, Germany

Professor **K. Schulte**

Technical University Hamburg – Hamburg, Germany

Professor **George C. Sih**

Lehigh University, Bethlehem, USA

Professor **A.V. Serebryakov**

Institute of Solid State Physics of RAS, Russia

Professor **V.G. Sevastyanov**

Institute of General and Inorganic Chemistry of RAS, Russia

Dr **M. Sing**

NASA Glenn Centre, USA

Professor **V.V. Vikulin**

FSUE ORPE «TEKhnologiya» State Research Centre of the Russian
Federation, Russia

Dr **Leon Vishnyakov**

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science, Ukrain

Professor **H.D. Wagner**

Weizmann Institute of Science, Israel

Established by:

Solid State Physics Institute

Russian Academy of Sciences

(ISSP RAS)

and

Science Technical Enterprise

«Virag-Centre» LTD

ISSP RAS:

2, Institutskaya str., Chernogolovka, Moscow district., Russia,
142432

Tel./Fax: +7(49652)22493

<http://www.issp.ac.ru/journal/composites/>

Editor: Nelli Prokopenko

Publishing House:

STE Virag-Centre LTD

49/1, Verchnyaya Pervomayskaya str., Moscow,
Russia, 105264.

Phone: 7 495 780 94 73

<http://www.mashizdat.ru>

Director of journal

M.A. Menzullov

Making-up

A.A.Menzullov

*Subscriptions: please apply to one of the partners
of JSC «MK-Periodica» in your country or to JSC
«MK-Periodica» directly:*

39, Gilyarovskiy Street, Moscow Russia, 129110;

Tel: +7(495) 681-9137, 681-9763;

Fax +7(495) 681-3798

E-mail: info@periodicals.ru

<http://www.periodicals.ru>

(Inquire Komposity i nanostruktury)

Photo on the cover: Fig. 2. (a)- FESEM image of the nanowires
(general view); (b,c) – FESEM images of the single hexagonal prism-
shaped wire and bamboo-like wire, respectively; (d-g) – TEM bright-
field images of the nanowires. «Synthesis and Morphology of SiC
nanowires under carbothermal reduction silicon dioxide» p. 8.

СОДЕРЖАНИЕ

Е.А.Кудренко, В.Роддатис, А.А.Жохов, И.И.Зверькова,
И.И.Ходос, Г.А.Емельченко

СИНТЕЗ И МОРФОЛОГИЯ НАНОСТРУКТУР SiC ПРИ КАРБОТЕРМИЧЕСКОМ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ	5
--	---

Исследован синтез нанокристаллов SiC методом карботермического восстановления коллоидного диоксида кремния при температурах 1700, 2100 и 2200K. При температуре 1700K были получены SiC нановолокна с диаметром от 20 до 200 нм и длиной, достигающей нескольких десятков микрон. Рентген-дифракционный анализ (XRD) и просвечивающая электронная микроскопия (ТЕМ) показали, что волокна имеют преимущественно 3C-SiC структуру с высокой плотностью дефектов упаковки. Было обнаружено три типа нановолокон: (i)–нановолокна с морфологией гексагональной призмы и осью роста [111]; (ii)–нанопластины с поперечным сечением близким к прямоугольному и направлениями роста [110], [112], [113] и [331]; (iii) – бамбукообразные нановолокна, состоящие из широких сегментов с совершенной 3C-структурой. Повышение температуры процесса до 2100–2200K привело к радикальному изменению морфологии нанокристаллов карбида кремния. Проведен термодинамический анализ возможных реакций в исследуемой системе. Особое внимание уделено местам зарождения и механизмам роста нановолокон (с. 5–22; ил. 13).

Чесноков В.В., Чичкань А.С., Зайковский В.И., Паукштис Е.А., Пармон В.Н.

ПОЛУЧЕНИЕ УНТ-SiO ₂ КОМПОЗИТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЛИГОМЕТИЛГИДРИДСИЛОКСАНА В КАЧЕСТВЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКА SiO ₂	23
---	----

Разработан метод синтеза УНТ-SiO₂ композита с использованием олигометилгидридсилоксана (ОМГС) в качестве предшественника SiO₂. Наличие активного водорода в составе олигометилгидридсилоксана позволило достичь химического взаимодействия между поверхностью углеродных нанотрубок и нанесенным слоем оксида кремния. Исследовано влияние пленки оксида кремния на окисление УНТ кислородом. Установлено, что скорость окисления УНТ-SiO₂ композита уменьшается примерно на порядок по сравнению с исходными УНТ. Изучены морфология и структура аморфного оксида кремния, получающегося после окисления УНТ-SiO₂ композита. Исследована термическая стабильность УНТ-SiO₂ композита. Установлено, что в инертной среде УНТ-SiO₂ композит обладает термической стабильностью до температур 1100–1200 °C. Повышение температуры прокали до 1300 °C приводит к разделению УНТ-SiO₂ композита на отдельные составляющие: УНТ и частицы SiO₂ (с. 23–32; ил. 8).

В.С.Попов, В.Г.Севастьянов, Н.Т.Кузнецов

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ SnO ₂ ЧЕРЕЗ НОВЫЕ ЛЕТУЧИЕ ПРЕКУРСОРЫ МЕТОДОМ APCVD С ИНДУКЦИОННЫМ НАГРЕВОМ	33
---	----

Выполнены синтез и идентификация четырех летучих координационных соединений олова: [Sn(AcAc)₂Cl₂], [Sn(H₂O)₂Cl₄]·18K6, [Sn(18K6)Cl₄], [Sn(H₂O)₂Cl₄]·15K5. Синтезированные соединения использованы в качестве новых прекурсоров покрытий диоксида олова в химическом паровом осаждении при атмосферном давлении (APCVD) на установке с индукционным нагревом в зоне деструкции. Полученные покрытия охарактеризованы комплексом физико-химических методов анализа. Исследована взаимосвязь морфологии покрытий и использовавшихся прекурсоров (с. 33–43; ил. 6).

Л.В.Леснякова, Т.А.Акопова, Г.А.Вихорева, Н.С.Перов, А.Н.Зеленецкий

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ТВЕРДОФАЗНОГО ПОЛУЧЕНИЯ ПРИВИТЫХ СОПОЛИМЕРОВ ХИТОЗАНА И ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА НА ИХ СТРОЕНИЕ И РАСТВОРИМОСТЬ	44
---	----

В условиях воздействия давления и сдвиговых деформаций в опытно-промышленном двухшнековом экструдере получены водорастворимые привитые сополимеры хитозана и поливинилового спирта. На первой стадии обработке подвергалась реакционная смесь, состоящая из твердых NaOH и хитина. К полученному щелочному хитозану добавляли ПВА и повторно экструдировали. Влияние соотношения компонентов реакционных смесей и ММ исходного ПВА на структуру и свойства продуктов исследовалось методами элементного анализа, вискозиметрии, ИК-спектроскопии, протонно-магнитного резонанса и гельпроникающей хроматографии (с. 44–55; ил. 6).

В.Я.Варшавский, В.А.Морозов

О ГРАФИТИРУЕМОСТИ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН ИЗ ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛЬНЫХ ВОЛОКОН	56
--	----

Методом Риетвелда (полнопрофильного анализа) исследованы структуры графитированных углеродных волокон, содержащих соединения внедрения бора. Метод Риетвелда подтвердил способность борсодержащих углеродных волокон к графитации при высокой температуре и позволил выявить, что структура волокон лучше описывается в ромбоэдрической модели структуры графита (с. 56–62 ил. 3).

CONTENS

E.A.Kudrenko, V.Roddatis, A.A.Zhokhov, I.I.Zverkova, I.I.Khodos, G.A.Emelchenko

SYNTHESIS AND MORPHOLOGY OF SiC NANOWIRES UNDER CARBOTHERMAL REDUCTION

SILICON DIOXIDE 5

Synthesis of SiC nanocrystals by carbothermal reduction of colloidal silica at temperature of 1700, 2100 и 2200K has been studied. The nanocrystals at 1700K a shape of nanowires of a diameter between 20 and 200 nm an a length of tens to hundreds of microns. The X-ray diffraction (XRD) and transmission electron microscopy (TEM) analysis have shown the beta-SiC structure of the nanowires with a high density of stacking faults. The three types of the nanowires have been found: (i) - hexagonal nanowires with the [111] growth direction; (ii) - nanobelts with a rectangle-like cross-section and the [110], [112], [113] or the [331] growth directions; (iii) - «bamboo-like» nanowires, formed by wide segments with the perfect beta-SiC structure. Enhancing the process temperature up to 2100-2200K leads a major change in the SiC nanocrystal morphology. A thermodynamic analysis of possible reactions in the system was performed. Special attention was paid to nucleation sites and growth mechanism of nanowires (p. 5-22; fig. 13).

V.V.Chesnokov, A.S.Chichkan, V.I.Zaikovskii, E.A.Paukshtis, V.N.Parmon

FABRICATION OF CNT-SiO₂ COMPOSITES WITH USE

OF OLIGOMETHYLHYDRIDESILOXANE AS THE PRECURSOR OF SiO₂ 23

A new method of fabrication of CNT-SiO₂ composite is developed. The oligomethylhydridesiloxane (OMHS) was used as the precursor of SiO₂. The presence of active hydrogen in the composition of OMHS made it possible to reach the chemical interaction between the surface of carbon nanotubes and the deposited layer of the silicon oxide. An effect of the silicon oxide film on the oxidizing ability of CNT is studied. It is found that the oxidation rate of the CNT-SiO₂ composite decreases approximately by an order of the magnitude in comparison with the virgin CNT. The morphology and structure of the amorphous silicon oxide obtained after oxidation CNT-SiO₂ composite were studied. The thermal stability of the CNT-SiO₂ composite was also studied. It is found that the CNT-SiO₂ composite is thermally stable up to temperatures of 1100-1200°C. An increase in the temperature of head tempering to 1300 °C leads to separation of CNT-SiO₂ composite into individual components: CNT and particles of SiO₂ (p.23-32; fig. 8).

V.S.Popov, V.G.Sevastynov, N.T.Kuznetsov

SYNTHESIS OF NANOSTRUCTURED SnO₂ COATINGS THROUGH

NEW VOLATILE PRECURSORS BY APCVD WITH INDUCTION HEATING 33

In this paper four volatile tin coordination compounds [Sn(AcAc)₂Cl₂], [Sn(H₂O)₂Cl₄]·18K6, [Sn(18K6)Cl₄], [Sn(H₂O)₂Cl₄]·15K5 were synthesized and identify. Synthesized compounds were used as new precursors for tin dioxide coatings in atmospheric pressure chemical vapor deposition (APCVD) at the facility with induction heating in destruction zone. The coatings were characterized with physicochemical methods of analysis. Relationship of coatings morphology and precursors was investigated (p.33-43; fig. 6).

L.V.Lesnyakova, T.A.Akopova, N.S.Perov, G.A.Vikhoreva, A.N.Zelenetskii

AN EFFECT OF CONDITIONS OF SOLID-STATE SYNTHESIS OF GRAFT COPOLYMERS CHITOSAN

AND POLYVINYL ALCOHOL ON THEIR STRUCTURE AND SOLUBILITY 44

Water-soluble graft copolymers of chitosan and polyvinyl alcohol were obtained in an experimental twin-screw extruder, in which pressure and shear strains were applied. On the first stage, the reaction mixture of solid NaOH and chitin was treated. To a product produced chitosan alkaline PVA was added and re-extruded. An effect of ratio of the components of reaction mixtures and MM PVA source on structure and properties of the products were examined by elemental analysis, measuring viscosity, IR spectroscopy, NMR and gel - chromatography (p. 44-55; fig. 6).

ON GRAPHITISING PAN-CARBON FIBRES 56

X-ray powder diffraction patterns of boron-containing carbon fibres were analysed using the Rietveld method. Rietveld refinements confirm possibility of carbon fibers contained boron to graphitization at high temperature. A age of the Rietveld refinement technique allows revealing that the structure of carbon fibres is better described by the rhombohedral model of graphite structure (p. 56-62; fig. 3).