

Национальная  
академия наук  
Украины  
Донецкий физико-  
технический  
институт  
им. А.А. Галкина



# Физика и Техника Высоких Давлений

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ОСНОВАН В ЯНВАРЕ 1991 г.  
ВЫХОДИТ РАЗ В ТРИ МЕСЯЦА

2 том 13  
2003

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| ВАРИОХИН В.Н., МОРОЗ Т.Т., АБРАМОВ В.С., СЫНКОВ В.Г.,<br>КРАВЧЕНКО В.П. Обработка гидростатическим давлением и<br>процесс нанокристаллизации аморфных сплавов на Со-основе.. | 7  |
| ВОЛОШИН В.А. Электрон-вибронное динамическое равновесие для веществ с конфигурациями 4f или 3d.....  | 23 |
| КРИВОШЕЕВ Я.М., ПЕТRENKO A.G., БАЖИН А.И. Модификация свойств перспективных люминофоров при воздействии пучка ионов низких энергий.....                                      | 39 |
| ГАЛУШКО И.М. О возможных причинах структурообразования в сплаве перитектической системы Cu–Ge.....   | 46 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>РЫЖИКОВ А.А.</i> О природе хладноломкости металлов.....   | 52  |
| <i>ПАШИНСКАЯ Е.Г., СЫНКОВ С.Г., ТКАЧЕНКО В.М., ДОМАРЕВА А.С., ЮДИНА Ю.А.</i> Эволюция микроструктуры и свойств меди при многопереходной деформации путем винтового прессования и прокатки..... | 61  |
| <i>ЖИРОВ Г.И.</i> Отожженный и водородофазонаклепанный гидрид палладия: методики получения и механические свойства....   | 71  |
| <i>АЛЕКСЕЕВ А.Д., КОВРИГА Н.Н., МОЛЧАНОВ А.Н., СЫНКОВ В.Г.</i> Исследование методом ЯМР кинетики структурных изменений в угольном веществе при высоком давлении.....                           | 83  |
| <i>КРАСЬКО Н.И., НАЗИМКО В.В.</i> Моделирование динамики перераспределения горного давления, сопровождающей обрушение породных слоев кровли в очистном забое.....                              | 91  |
| <i>ШЕВЧУК С.Н., БЕЛОУСОВ И.С., ИВАХНЕНКО С.А.</i> Измерение температуры при выращивании монокристаллов алмаза на затравке.....   | 101 |
| <i>МАЛАШЕНКО В.В.</i> Особенности коллективного взаимодействия точечных дефектов с движущейся парой краевых дислокаций в магнитоупорядоченном кристалле.....                                   | 108 |

# Contents

|  |    |
|--|----|
| <i>VARYUKHIN V.N., MOROZ T.T., ABRAMOV V.S., SYNKOV V.G., KRAVCHENKO V.P.</i> Hydrostatic pressure treatment and nanocrystallization of Co-based amorphous alloys..... | 7  |
| <i>VOLOSHIN V.A.</i> Vibron-electronic dynamic equilibrium for substances of 4f- or 3d-configurations.....   | 23 |
| <i>KRIVOSHEYEV Y.M., PETRENKO A.G., BAZHIN A.I.</i> Modification of properties of perspective phosphors influenced by low-energy ion beam.....                         | 39 |
| <i>GALUSHKO I.M.</i> On possible reasons of structure formation in the alloy of peritectic system Cu–Ge.....   | 46 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>RYZHIKOV A.A.</i> On the nature of cold brittleness of metals.....  | 52  |
| <i>PASHINSKAYA E.G., SYNKOV S.G., TKACHENKO V.M., DOMAREVA A.S., YUDINA YU.A.</i> Evolution of microstructure and properties of copper upon a combined deformation by torsional extrusion and rolling..... | 61  |
| <i>ZHIROV G.I.</i> Annealed and hydrogen-phase-hardened palladium hydride: principles of obtaining and mechanical properties.....  | 71  |
| <i>ALEKSEYEV A.D., KOVRIGA N.N., MOLCHANOV A.N., SYNKOV V.G.</i> NMR investigation of the kinetics of structure changes in coal substance under high pressure.....   | 83  |
| <i>KRAS'KO N.I., NAZIMKO V.V.</i> Modeling of rock pressure redistribution due to roof caving in vicinity of advancing longwall face.....  | 91  |
| <i>SHEVCHUK S.N., BELOUSOV I.S., IVAKHNENKO S.A.</i> Temperature measurements at growing the diamond single crystals on seed.....  | 101 |
| <i>MALASHENKO V.V.</i> Features of collective interaction of point defects with a moving pair of edge dislocations in magnetically ordered crystal.....  | 108 |

PACS: 81.40.Vw

В.Н. Варюхин, Т.Т. Мороз, В.С. Абрамов,  
В.Г. Сынков, В.П. Кравченко

**ОБРАБОТКА ГИДРОСТАТИЧЕСКИМ ДАВЛЕНИЕМ И ПРОЦЕСС  
НАНОКРИСТАЛЛИЗАЦИИ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ НА Со-ОСНОВЕ**

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАН Украины  
83114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72

*Методами резистометрии и рентгеновской дифракции изучено влияние предварительной обработки гидростатическим давлением (ОД) на электросопротивление R, термическую устойчивость и структуру аморфных сплавов (АС) Co<sub>70</sub>Fe<sub>5</sub>Si<sub>10</sub>B<sub>15</sub> (A) и Co<sub>67</sub>Cr<sub>7</sub>Fe<sub>4</sub>Si<sub>8</sub>B<sub>14</sub> (B) при непрерывном нагреве с постоянной скоростью. ОД выполнена в повторно-статическом режиме с разным числом n циклов нагружения при давлении P = 0.8–1.0 GPa. Установлено, что после ОД с ростом n термическая устойчивость сплава A повышается, а сплава B – понижается. Механизм нанокристаллизации, последовательность выделения и фазовый состав продуктов кристаллизации не изменяются. При этом отмечается тенденция к измельчению частиц равновесных кристаллических фаз. Наблюдаемые после ОД изменения в тонкой структуре исходного состояния и в поведении R при нагреве изучаемых АС объясняются в рамках микроскопической модели структурной релаксации в аморфных сплавах.*

PACS: 70, 72.80.Ga, 74.25.-q, 81.40.Vw

В.А. Волошин

**ЭЛЕКТРОН-ВИБРОННОЕ ДИНАМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ  
ДЛЯ ВЕЩЕСТВ С КОНФИГУРАЦИЯМИ 4f ИЛИ 3d**

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАН Украины  
83114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72

*Предполагается, что 4f- или 3d-вещества могут находиться в трех состояниях: электронном – связь 4f- или 3d-иона с его окружением определяется внешними электронами; вибронном – связь определяется 4f- или 3d-электронами; виброн-электронном динамическом равновесии. Это состояние реализуется, когда энергии первых двух становятся близки, что облегчает переход первого во второе и обратно. Рассматриваются структурные, спектральные и магнитные свойства диэлектриков, металлов, полупроводников и сверхпроводников в рамках данной модели.*

## **Физика и техника высоких давлений 2003, том 13, № 2**

---

PACS: 73.61.Ga, 81.40.-z

Я.М. Кривошеев, А.Г. Петренко, А.И. Бажин

### **МОДИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛЮМИНОФОРОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПУЧКА ИОНОВ НИЗКИХ ЭНЕРГИЙ**

Донецкий национальный университет  
83055, г. Донецк, ул. Университетская, 24

*Исследованы спектры отражения, поглощения, термостимулированной люминесценции (ТСЛ) ZnS, ZnO до и после облучения пучком ионов гелия низких энергий. Показано, что к анализу вносимых изменений можно подходить с единых теоретических позиций при рассмотрении соединения типа MeX.*

PACS: 64.70.Dv, 61.66.Dk, 61.72.Mm

И.М. Галушко

### **О ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИНАХ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В СПЛАВЕ ПЕРИТЕКТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ Cu–Ge**

Национальная металлургическая академия Украины  
49600, г. Днепропетровск, пр. Гагарина, 4

*С помощью металлографического и рентгеноструктурного анализов медленно охлажденного сплава Cu + 13 ат.% Ge показано, что недорастворившиеся в перитектической реакции метастабильные кристаллы  $\alpha$ -твердого раствора германия в меди в результате мартенситного превращения переходят в стабильную  $\xi$ -фазу.*

PACS: 62.20.Fe, 81.40.Lm

А.А. Рыжиков

### **О ПРИРОДЕ ХЛАДНОЛОМКОСТИ МЕТАЛЛОВ**

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАН Украины  
83114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72

*На основе представлений о механическом воздействии на металл как о возбуждении и рассеивании в нем неравновесных колебаний кристаллической решетки (динамических фононов) показано, что хладноломкость является следствием резкого увеличения сил межатомного взаимодействия, обусловленного зависимостью их величины от тепловых и неравновесных колебаний решетки.*

## **Физика и техника высоких давлений 2003, том 13, № 2**

---

PACS: 61.66.-f, 62.20.-x

Е.Г. Пашинская<sup>1</sup>, С.Г. Сынков<sup>1</sup>, В.М. Ткаченко<sup>1</sup>,  
А.С. Домарева<sup>1</sup>, Ю.А. Юдина<sup>2</sup>

### **ЭВОЛЮЦИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МЕДИ ПРИ МНОГОПЕРЕХОДНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПУТЕМ ВИНТОВОГО ПРЕССОВАНИЯ И ПРОКАТКИ**

<sup>1</sup>Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАН Украины  
83114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72

<sup>2</sup>Донецкий национальный технический университет  
83000, г. Донецк, ул. Артема, 58

*Проведено изучение взаимосвязи схемы комбинированной пластической деформации при двухкомпонентном нагружении с субмикроструктурными изменениями меди. Осуществлен сравнительный анализ двух типов комбинированной деформации: винтовое прессование (ВП) + прокатка и прокатка + ВП. Показано, что при первой схеме нагружения процессы трансформации структуры под нагрузкой протекают значительно интенсивнее, чем при второй.*

PACS: 64.80.-v, 81.40.-z

Г.И. Жиров

### **ОТОЖЖЕННЫЙ И ВОДОРОДОФАЗОНАКЛЕПАННЫЙ ГИДРИД ПАЛЛАДИЯ: МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

Донецкий национальный технический университет  
83000, г. Донецк, ул. Артема, 58

*Показано, что отожженный, малодефектный гидрид палладия, полученный путем насыщения палладия водородом «в обход» купола двухфазного состояния, является малопрочным и высокопластичным материалом. При насыщении палладия водородом при температуре ниже критической (292 °C) в системе палладий–водород имеет место развитие гидридного  $\alpha \rightarrow \beta$ -фазового превращения по механизму зарождения и роста. Полученный таким образом гидрид палладия является высокопрочным и малопластичным материалом вследствие того, что в процессе образования гидридная  $\beta$ -фаза претерпевает сильный водородофазовый наклеп в результате развития гидридного  $\alpha \rightarrow \beta$ -фазового превращения.*

## **Физика и техника высоких давлений 2003, том 13, № 2**

---

PACS: 81.40.Vw, 81.40.-z, 76.60.-k

А.Д. Алексеев, Н.Н. Коврига, А.Н. Молчанов, В.Г. Сынков

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ ЯМР КИНЕТИКИ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В УГОЛЬНОМ ВЕЩЕСТВЕ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ**

Институт физики горных процессов НАН Украины  
83114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72

*Экспериментально изучено влияние высокого гидростатического давления на кинетику структурных изменений в органической массе ископаемого угля. Высказано предположение о стимулировании высоким давлением физико-химических реакций деструкции – синтеза в органической массе угля, приводящих к образованию подвижного водородосодержащего флюида.*

PACS: 61.43.Hv, 61.72.Qq

Н.И. Красько, В.В. Назимко

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ, СОПРОВОЖДАЮЩЕЙ ОБРУШЕНИЕ ПОРОДНЫХ СЛОЕВ КРОВЛИ В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ**

Донецкий национальный технический университет  
83000, г. Донецк, ул. Артема, 58

*Исследована динамика обрушений кровли вслед за движущимся очистным забоем. Разработана геомеханическая модель для прогнозирования динамики обрушений и напряженного состояния массива в окрестности движущегося очистного забоя.*

С.Н. Шевчук, И.С. Белоусов, С.А. Ивахненко

### **ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МОНОКРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА НА ЗАТРАВКЕ**

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины  
04074, г. Киев, ул. Автозаводская, 2

*Исследована термическая стабильность различных изоляционных материалов, применяемых для изоляции термопарных проводов при выращивании монокристаллов алмаза в области термодинамической стабильности. Показано, что использование солей  $NaCl$  и  $CzCl$  для электроизоляции позволяет при выдержках в течение 50 h и более сохранять сопротивление электроизоляции в пределах нескольких килоом при температурах до 1850°C. Методика измерения температуры с помощью термопарных датчиков, изолированных хлористым цезием, дает возможность надежно обеспечить контроль процесса выращивания структурно совершенных монокристаллов алмаза в течение 100 h и более.*

**Физика и техника высоких давлений 2003, том 13, № 2**

---

PACS: 61.72.Ji, 61.72.Lk, 74.25.Ha

В.В. Малашенко

**ОСОБЕННОСТИ КОЛЛЕКТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТОЧЕЧНЫХ  
ДЕФЕКТОВ С ДВИЖУЩЕЙСЯ ПАРОЙ КРАЕВЫХ ДИСЛОКАЦИЙ  
В МАГНИТОУПОРЯДОЧЕННОМ КРИСТАЛЛЕ**

Донецкий национальный технический университет  
83000, г. Донецк, ул. Артема, 58

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАН Украины  
83114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72

Статья поступила в редакцию 26 февраля 2003 года

*Исследовано торможение пары краевых дислокаций упругими дефектами, хаотически распределенными в объеме ферромагнитного кристалла. Показано, что зависимость силы торможения от скорости скольжения дислокаций, концентрации дефектов, расстояния между дислокациями, намагниченности кристалла носит немонотонный характер. В области значений параметров, в которой доминирующим является магнитоупругое взаимодействие, эта сила убывает с ростом величины намагниченности и магнитоупругого взаимодействия.*

PACS: 81.40.Vw

*V.N. Varyukhin, T.T. Moroz, V.S. Abramov, V.G. Synkov, V.P. Kravchenko*

**HYDROSTATIC PRESSURE TREATMENT  
AND NANOCRYSTALLIZATION OF CO-BASED AMORPHOUS ALLOYS**

The effect of pressure treatment (PT) by means of cycle regime for varied  $n = 1-5$  on the electrical resistance, thermal stabilities and structure of the amorphous  $\text{Co}_{70}\text{Fe}_5\text{Si}_{10}\text{B}_{15}$  (*A*) and  $\text{Co}_{67}\text{Cr}_7\text{Fe}_4\text{Si}_8\text{B}_{14}$  (*B*) alloys during constant-rate heating were studied using the resistance measurement and X-ray diffraction. It is found that after PT, with an increase in  $n$ , the thermal stability of the *A*-alloy is enhanced, but that of the *B*-alloy is decreased. PT does not alter the crystallization mechanism, the sequence of the crystalline phase formation, and the phase composition of the crystallization products. However, there is a tendency to reducing the crystal dimensions of the stable crystalline phases. After PT the observed variations in the fine structure and the resistance behaviour of the investigated amorphous alloys during heating are interpreted in terms of the microscopic model of structural relaxation in amorphous alloys.

PACS: 70, 72.80.Ga, 74.25.-q, 81.40.Vw

*V.A. Voloshin*

**VIBRON-ELECTRONIC DYNAMIC EQUILIBRIUM  
FOR SUBSTANCES OF 4f- OR 3d-CONFIGURATIONS**

4f- or 3d-substances are assumed to be in three states: the electronic one – the bonding between 4f- or 3d-ion and the environment is determined by outer electrons; the vibronic one – the bonding is determined by 4f- or 3d-electrons; vibron-electronic dynamic equilibrium. The energy of the states is of close values, thus making the transition from the first one to the second and vice versa easier. The structural, spectral and magnetic properties of dielectrics, metals, semiconductors and superconductors are studied within this model.

PACS: 73.61.Ga, 81.40.-z

*Y.M. Krivosheyev, A.G. Petrenko, A.I. Bazhin*

**MODIFICATION OF PROPERTIES OF PERSPECTIVE PHOSPHORS  
INFLUENCED BY LOW-ENERGY ION BEAM**

## **Физика и техника высоких давлений 2003, том 13, № 2**

---

The spectra of reflection, occluding, thermally stimulated luminescence (TSL) of ZnS, ZnO before and after the irradiation by beam of helium ions of low energies are investigated. Is shown, that it is possible to approach the analysis of happening changes from unified idealized standpoints when considering such compounds as MeX.

PACS: 64.70.Dv, 61.66.Dk, 61.72.Mm

*I.M. Galushko*

### **ON POSSIBLE REASONS OF STRUCTURE FORMATION IN THE ALLOY OF PERITECTIC SYSTEM Cu–Ge**

With the help the metallographic and roentgenostructural analyses of the slowly cooled Cu + 13 at.% Ge alloy it is shown that not-dissolved in the peritectical reaction metastable crystals of the  $\alpha$ -solid solution of germanium in copper pass into a stable  $\xi$ -phase as a result of the martensite transformation.

PACS: 62.20.Fe, 81.40.Lm

*A.A. Ryzhikov*

### **ON THE NATURE OF COLD BRITTLENESS OF METALS**

Mechanical action on metal is represented as excitation and scattering of dynamic phonons in it. It is established that cold brittleness is a consequence of increasing the interatomic interaction forces. The magnitude of this increasing depends on thermal and non-equilibrium oscillations of the lattice.

PACS: 61.66.-f, 62.20.-x

*E.G. Pashinskaya, S.G. Synkov, V.M. Tkachenko, A.S. Domareva, Yu.A. Yudina*

### **EVOLUTION OF MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF COPPER UPON A COMBINED DEFORMATION BY TORSIONAL EXTRUSION AND ROLLING**

A relationship between the scheme of combined plastic deformation upon two-component loading and submicrostructure changes in copper has been analysed. A comparative analysis of the combined deformation types: torsional extrusion (TE) + rolling and rolling + TE has been realized. It is shown that with first scheme of loading, the processes of structure transformation under load are more intensive than in the case of second one.

**Физика и техника высоких давлений 2003, том 13, № 2**

---

PACS: 64.80.-v, 81.40.-z

*G.I. Zhirov*

**ANNEALED AND HYDROGEN-PHASE-HARDENED PALLADIUM HYDRIDE:  
PRINCIPLES OF OBTAINING AND MECHANICAL PROPERTIES**

It is shown that annealed low-defective hydride of palladium, which was obtained by the hydrogenation of pure palladium «out» the two-phase state cupola, is the low-durable and high-plastic material. During the hydrogenation of palladium beneath the critical temperature (292°C) there takes place a hydride  $\alpha \rightarrow \beta$  phase transformation by the mechanism of nucleation and growth in palladium–hydrogen system. And the palladium hydride obtained by this way is high-durable and low-plastic material as a result of the existence of powerful hydrogen-phase-naklep during the hydride  $\alpha \rightarrow \beta$  phase transformation.

PACS: 81.40.Vw, 81.40.-z, 76.60.-k

*A.D. Alekseyev, N.N. Kovriga, A.N. Molchanov, V.G. Synkov*

**NMR INVESTIGATION OF THE KINETICS OF STRUCTURE CHANGES  
IN COAL SUBSTANCE UNDER HIGH PRESSURE**

High hydrostatic pressure effect on kinetics of structure changes in the organic mass of fossil coal has been studied experimentally. It is assumed that high pressure stimulates the physico-chemical reactions of destruction-synthesis in the organic coal mass, thus resulting in the formation of a mobile hydrogen-containing fluid.

PACS: 61.43.Hv, 61.72.Qq

*N.I. Kras'ko, V.V. Nazimko*

**MODELING OF ROCK PRESSURE REDISTRIBUTION  
DUE TO ROOF CAVING IN VICINITY OF ADVANCING LONGWALL FACE**

Roof caving in a longwall face has been investigated by discrete element method. It was discovered that the caving is a complex process that begins with separation and disintegration of adjacent rock layers under action of shear stress. Tensile stress acts at the final stage of the caving. New geomechanic model has been developed to simulate periodic roof caving and stress redistribution around advancing longwall face.

*S.N. Shevchuk, I.S. Belousov, S.A. Ivakhnenko*

**TEMPERATURE MEASUREMENTS AT GROWING  
THE DIAMOND SINGLE CRYSTALS ON SEED**

The thermal stability of different materials used for insulation of thermocouple wires at growing the diamond single crystals in the field of thermodynamic stability has been investigated. It is presented that usage of salts NaCl and CzCl for electrical insulation allows maintaining the resistance of electrical insulation within the limits of several kilohm at temperatures up to 1850°C during 50 h and more. The technique of temperature measuring by applying thermocouple sensors insulated by caesium chloride, provides a sufficient control over the growing of structurally perfect diamond single crystals during 100 h and more.

PACS: 61.72.Ji, 61.72.Lk, 74.25.Ha

*V.V. Malashenko*

**FEATURES OF COLLECTIVE INTERACTION OF POINT DEFECTS  
WITH A MOVING PAIR OF EDGE DISLOCATIONS  
IN MAGNETICALLY ORDERED CRYSTAL**

Deceleration of a pair of edge dislocations by elastic defects chaotically distributed in the volume of ferromagnetic crystal has been investigated. It is shown that the dependence of deceleration force on dislocation sliding velocity, concentration of defects, interdislocation distance, and magnetization of the crystal is nonmonotonic. In the region of parameters' values with the dominating magnetoelastic interaction, this force diminishes with the increase of magnetization value and magnetoelastic interaction.