

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

4 (314)

ШІЛДЕ – ТАМЫЗ 2017 Ж.

ИЮЛЬ – АВГУСТ 2017 г.

JULY – AUGUST 2017

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы
ф.-м.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **Ғ.М. Мұтанов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Жұмаділдаев А.С. проф., академик (Қазақстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Қазақстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Өмірбаев У.У. проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)
Жүсіпов М.А. проф. (Қазақстан)
Жұмабаев Д.С. проф. (Қазақстан)
Асанова А.Т. проф. (Қазақстан)
Бошқаев К.А. PhD докторы (Қазақстан)
Сұраған Д. корр.-мүшесі (Қазақстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Қырғыстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Белорус)
Пашаев А. проф., академик (Әзірбайжан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.)
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде
01.06.2006 ж. берілген №5543-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.
Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор
д.ф.-м.н., проф. академик НАН РК **Г.М. Мутанов**

Редакционная коллегия:

Джумадильдаев А.С. проф., академик (Казахстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Казахстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Умирбаев У.У. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Жусупов М.А. проф. (Казахстан)
Джумабаев Д.С. проф. (Казахстан)
Асанова А.Т. проф. (Казахстан)
Бошкаев К.А. доктор PhD (Казахстан)
Сураган Д. чл.-корр. (Казахстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Кыргызстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Беларусь)
Пашаев А. проф., академик (Азербайджан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов
Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

E d i t o r i n c h i e f
doctor of physics and mathematics, professor, academician of NAS RK **G.M. Mutanov**

E d i t o r i a l b o a r d:

Dzhumadildayev A.S. prof., academician (Kazakhstan)
Kalmenov T.Sh. prof., academician (Kazakhstan)
Zhantayev Zh.Sh. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Umirbayev U.U. prof. corr. member. (Kazakhstan)
Zhusupov M.A. prof. (Kazakhstan)
Dzhumabayev D.S. prof. (Kazakhstan)
Asanova A.T. prof. (Kazakhstan)
Boshkayev K.A. PhD (Kazakhstan)
Suragan D. corr. member. (Kazakhstan)
Quevedo Hernando prof. (Mexico),
Dzhunushaliyev V.D. prof. (Kyrgyzstan)
Vishnevskiy I.N. prof., academician (Ukraine)
Kovalev A.M. prof., academician (Ukraine)
Mikhalevich A.A. prof., academician (Belarus)
Pashayev A. prof., academician (Azerbaijan)
Takibayev N.Zh. prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief.
Tiginyanu I. prof., academician (Moldova)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
[www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz](http://www.nauka-nanrk.kz/physics-mathematics.kz)

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 4, Number 314 (2017), 223 – 229

UDC 538.95

**A.D. Kudaibergen, K.B. Baigisova, K.U. Zhetpisbayev,
G.T. Aldzhambekova, B.D. Sarsembayeva**

K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan

EFFECT OF NANOSTRUCTURES ON HTSC PROPERTIES

Abstract. The given work represents a review of scientific papers devoted to the study of pinning centers, which can be used for a significant increase of critical current density J_c . The pinning centers in HTSC are created by embedding the nanoscale additives as various forms of metallic oxides and carbides. It is found that the dependence of normalized critical current on the volume concentration of these dopants is described, as a rule, with a single universal curve. It is shown a range of optimal volume concentrations and sizes of additives, which leads to maximal increase of J_c .

Keywords: HTSC, pinning centers, defects, nanosized additives.

УДК 538.95

**А.Д. Кудайберген, К.Б. Байгисова, К.У. Жетписбаев,
Г.Т. Алджамбекова, Б.Д. Сарсембаева**

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

ВЛИЯНИЕ НАНОСТРУКТУРЫ НА СВОЙСТВА ВТСП

Аннотация. В данной работе проведен обзор научных работ, посвященных исследованию пиннинг-центров, которые могут быть использованы для значительного увеличения критической плотности тока J_c . Пиннинг-центры в ВТСП создаются внедрением наноразмерных добавок в виде различных металлоксидов и карбидов. Установлено, что зависимость нормированного критического тока от объемной концентрации указанных легирующих добавок описывается, как правило, одной универсальной кривой. Показан диапазон оптимальных объемных концентраций и размеров добавок, приводящий к максимальному повышению J_c .

Ключевые слова: ВТСП, пиннинг-центры, дефекты, наноразмерные добавки.

Введение

Основная доля научных работ последних лет в области исследований свойств высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) концентрируется в поиске способов улучшения их характеристик: критической температуры T_c до максимального уровня вплоть до комнатной температуры, устойчивости к внешним магнитным воздействиям, и самое главное, критической плотности тока J_c .

Для качественного объяснения факта роста J_c при увеличении концентрации дефектов в ВТСП материале следует обратиться к общепринятому подходу, согласно которому по магнитным свойствам все сверхпроводники делятся на два класса – сверхпроводники I рода и сверхпроводники II рода. В сверхпроводниках I рода Мейсснеровское (диамагнитное) состояние разрушается вместе со сверхпроводимостью при достижении некоторого магнитного поля H_c , которое называется термодинамическим критическим полем. Поэтому магнитное поле практически не проникает (выталкивается – т.е. проявляет свойство идеального диамагнетика). В сверхпроводниках II рода магнитное поле проникает. Во внешнем магнитном поле они могут находиться в смешанном состоянии, когда магнитный поток частично проникает в сверхпроводник в виде так называемых абрикосовских вихрей. Повышение устойчивости этой вихревой

решетки, как правило, достигается путем создания дополнительных центров пиннинга – микрообластей, характеризующихся различной величиной энергии захвата и фиксации абрикосовских вихрей. Считается, что каждый такой центр должен представлять собой некоторое нарушение структуры сверхпроводника, которое по размерам сопоставимо с длиной когерентности. Поскольку практическое использование ВТСП в сильноточковой технике требует не только больших значений плотности критического тока, а также их высокую устойчивость во внешних магнитных полях, но реализация этих параметров оказывается принципиально невозможной без создания эффективных центров пиннинга.

При протекании тока через сверхпроводник на систему вихрей со стороны тока действует сила Лоренца, которая вызывает движение вихрей. При движении вихрей происходит диссипация энергии и это приводит к появлению напряжения на сверхпроводнике. Если в сверхпроводнике имеются дефекты, то вихри закрепляются (пиннингуются) на них и диссипация энергии не происходит. Критический ток J_c при прочих равных условиях увеличивается. Таким образом, одним из следствий вихревой теории является то, что увеличение количества центров пиннинга приводит к увеличению J_c . Наиболее эффективными центрами пиннинга являются нормальные области, имеющие размер, сравнимый с длиной когерентности сверхпроводника. Для ВТСП этот размер имеет порядок несколько нанометров. То есть, можно ожидать, что структурные дефекты такого масштаба, а к ним относятся, в частности, как наноразмерные добавки и включения, так и радиационные дефекты, могут играть роль эффективных центров пиннинга, приводящих к повышению критического тока.

Увеличение концентрации дефектов сначала приводит к повышению критического тока, затем наступает его быстрое падение вплоть до нулевых значений (см. качественный график на рисунке 1). Ниже рассматриваются литературные данные по влиянию добавок, примесей и радиационных воздействий на критический ток высокотемпературных сверхпроводников [1-2].

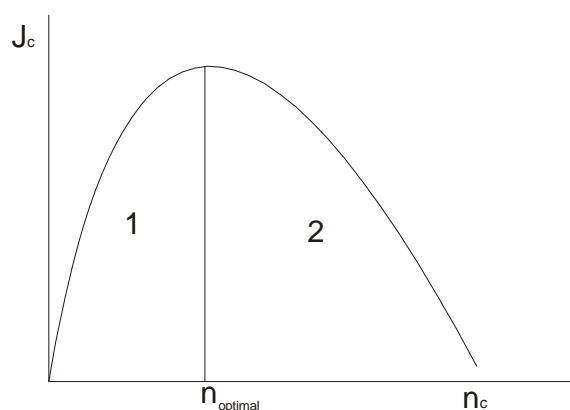


Рисунок 1– Качественная зависимость критического тока от концентрации дефектов для сверхпроводников II рода. 1 - область повышения критического тока, 2 - область падения критического тока

Методы и результаты исследования

Существует три основных метода создания искусственных центров пиннинга в высокотемпературных сверхпроводящих материалах:

- введение примесей и добавок, в том числе выпадение второй фазы в процессе синтеза;
- радиационные воздействия;
- создание искусственной планарной (в том числе упорядоченной) структуры дефектов.

Внедрение примесей и добавок в сверхпроводящую матрицу с целью создания центров пиннинга осуществляется многочисленными способами. Например, производится добавление к прекурсорам отдельных элементов, которые в процессе реакции образуют несверхпроводящие соединения, которые выпадают в виде точечных, двумерных или трехмерных образований. Так, добавки Zr, Ce, Hf при синтезе Y_{123} приводят к формированию цирконатов, цератов, гафнатов бария [3-5]. Введение примесей отдельных элементов может также приводить к созданию точечных дефектов за счет встраивания примесных атомов в кристаллическую структуру ВТСП материала. Другой распространенный способ введения примесей – добавка на этапе синтеза химически нейтральных тугоплавких соединений оксидов, нитридов, карбидов и т.п. [1, 19, 20].

Создание искусственных центров пиннинга с помощью радиационных воздействий основано на образовании в сверхпроводящем материале радиационных дефектов, тип, характерный размер и концентрация которых зависит от вида облучения (нейтронное, ионное, электронное) и энергии частиц. Это достаточно удобный способ создания центров пиннинга, используемый в многочисленных экспериментах [1, 19, 20]

Для усиления пиннинга пленочных структур также используется метод, в котором система центров пиннинга образуется на поверхности сверхпроводящей пленки (или подложки перед напылением пленки) путем нанесения металлического слоя и последующего литографирования для создания требуемых в эксперименте размеров и конфигурации центров пиннинга. В том числе, могут получаться различные упорядоченные структуры дефектов с наличием определенной симметрии [6].

Главной проблемой в увеличении J_c является формировании высокой концентрации эффективных центров пиннинга в структуре ВТСП материала без уменьшения значения критической температуры [7-9]. То есть, за счет поиска благоприятных примесей, их концентрации и дисперсности должен быть установлен компромисс между увеличением J_c и снижением T_c . Следовательно, представляет интерес стратегия увеличения силы пиннинга вихрей, включающая поиск и опробование различных видов химических добавок (прежде всего тугоплавких соединений металлов), способных создавать наноразмерные дефекты в ВТСП.

В отличие от радиационных дефектов [1-2], в случае введения химических добавок нет простой зависимости сверхпроводящих свойств от содержания добавки (концентрации центров пиннинга). Поведение свойств ВТСП материала с добавками намного сложнее и разнообразнее в своих проявлениях. Существуют две важных закономерности при внедрении наноразмерных частиц добавки. При некоторых малых, довольно узких концентрациях, добавки могут оказывать положительное влияние на критические характеристики сверхпроводника. При дальнейшем увеличении концентрации добавки, как правило, происходит подавление сверхпроводимости. Например, может наблюдаться разложение ВТСП на вторые фазы, либо задержка роста необходимой фазы и происходит рост вторичных несверхпроводящих фаз [9, 10]. Если добавки даже при малых концентрациях ухудшают сверхпроводящие характеристики ВТСП материала, тогда дальнейшее увеличение их содержания еще более негативно отражается на сверхпроводящих характеристиках [11]. Иллюстраций вышеописанных эффектов приведены в работе [9], в которой проводилось исследование влияния добавки Ag_2O на BSCCO фазы 2223 (Bi-2223) в концентрациях от 0 - 45 масс.%, а также работа [10] по изучению внедрения Ag_2O (0-20 масс.%) в керамику NBCO. В работе [11] установлен выраженный эффект подавления сверхпроводящих свойств независимо от концентрации добавки и их этапов внедрения. В фазу Bi-2223 внедрялась добавка SnCa, которая даже при минимальном содержании полностью подавляет сверхпроводимость в ВТСП материале. Такое поведение вызывается тем, что $S_{1.1}O_2$ реагирует с Ca и образует соединение $Ca_2Sn_{0.4}$, которое стабильно в течение всего процесса синтеза. По этой причине содержание Bi-2223 резко сокращается.

Анализ данных показывает, что все дефекты замещения (для которых измерялось J_c) увеличивают плотность критического тока. Однако только LiF и Mo при этом увеличивают величину T_c . Для всех образцов (у которых измерялись механические свойства) при внедрении примеси улучшались механические характеристики, а также происходило либо увеличение содержания фазы, либо ее стабилизация.

Достаточно интересна работа [12] в которой наблюдалось одновременное замещение и выпадение «вторых» фаз в матрице ВТСП. Исследовалось влияние концентрации Zr и Ce на транспортные свойства лент второго поколения (Gd,Y)BaCuO (фаза 123 изготавливались по методу Metal Organic Chemical Vapor Deposition (MOCVD). Концентрации варьировались для Zr-0-15 моль %, для Ce-0-10 моль %. Показано, что при увеличении концентрации Zr(BaZrOs) до 7,5 моль % происходит увеличение J_c до $0,98 \text{ MA/cm}^2$ при 77 К. Это больше чем на 70 % относительного нелегированного образца. При этом уменьшение T_c составило всего 1 К и стало 88,8 К. Дальнейшее увеличение концентрации приводит к уменьшению критического тока. Влияние добавки Ce двойко: если выпадает вторая фаза – происходит подавление плотности критического тока; если происходит замещение Ba – происходит увеличение J_c до 4 MA/cm^2 вплоть до достижения 10 моль %, т.о. в зависимости от методики изготовления может проявляться то или иное свойство.

В отличие от работы [18] в которой В частично замещал Cu, здесь В в процессе синтеза образует различные фазы, которые равномерно распределены в объеме сверхпроводника в виде кластеров. Эти кластеры являются дополнительными центрами пиннинга. Отнесение в данном случае В к добавкам внедрения вызвано тем, что основным видом увеличения J_c является внедрение (хотя происходит и частичное замещение В атомов Cu) В в виде кластеров в структуру ВТСП материала.

Исследовано влияние добавки MgO в интервале концентрацией 3, 9, 10 масс.% на свойства Bi-2212 [7]. Из экспериментов видно, что при внедрении MgO сверхпроводящий переход становится более резким относительно нелегированного Bi-2212 и увеличивается плотность (уменьшается пористость) образцов. Зерна легированного Bi-2212 уменьшаются в размерах на порядок. Анализ микроструктуры показывает, что частицы MgO проникают в зерна и находятся в них как в виде отдельных частиц, так и в виде агломераций частиц с размерами 30-300 нм. Добавки MgO улучшают механические и токопроводящие свойства сверхпроводника. Однако T_c при этом незначительно уменьшается (~2-3 К).

Также интересна работа [13] по внедрению добавки MgO в пленочные образцы с характерными размерами 3x30 мм и толщиной 10-90 мкм, выполненная в направлении оценки не только влияния добавки, но и методики изготовления пленки. В работе рассматривалось четыре варианта внедрения MgO в Bi-2212.

Содержание добавки во всех случаях составляло 4 масс. %. Все варианты изготовления показали, что добавка увеличивает плотность критического тока при росте, как температуры, так и магнитного поля. В зависимости от методики внедрения значение J_c увеличивалось в максимуме на порядок. Например, для $T=5$ К $J_c(H)$ увеличивалось в 5-8 раз, а для $H=1000$ мТл $J_c(T)$ увеличивалось в 3-40 раз в зависимости от метода изготовления, причем максимальные величины прироста достигались при больших полях и температурах. Абсолютное значение J_c было в диапазоне 2500-15000 А/см².

В работах [14, 15] рассматривалось влияние карбида ниобия и TaC на характеристики Bi-2223. Показана возможность повышения критической плотности тока керамики Bi-2223 при 77 К в два раза за счет внедрения микродобавок TaC (0,1 масс. %) и термообработки при 840 С⁰ в течение 30-40 часов. Показано, что микродобавки TaC (0,05 - 0,1 масс.%) не оказывают существенного влияния на фазовый состав и кристаллографические параметры керамики. При увеличении содержания TaC до 0,2 масс. % и выше становятся заметными микроструктурные изменения, которые приводят к понижению сверхпроводящих свойств легированной керамики по сравнению с нелегированной. Малые концентрации TaC способствуют уменьшению ширины сверхпроводящего перехода обоих сверхпроводящих фаз (Bi-2223 и Bi-2212) и некоторому повышению T_c . Также положительные эффекты внедрения добавок наблюдались в работах [16, 17].

Для определения влияния искусственных нанодобавок на свойства Bi-2223 авторами [1-2] были проведены работы, где исходное висмутсодержащее соединение Bi-2223 приготовлено методом совместного напыления карбонатов. Порошок синтезированного соединения преимущественно состоит из фазы 2223 (90 об. %), 2212 (5÷10 об. %), 2201 (2÷3 %) и PbCaO₄. Для создания искусственных центров пиннинга применены мелкодисперсные порошки NbN, TaC, NbC (с характерным размером гранул 10÷30 нм). Весовые концентрации добавок составляли от 0.05 до 0.2 %. Смесь порошков фазы 2223 и наноразмерных частиц перемешивали во вращающемся контейнере в течение 30 часов и затем проводили холодное прессование в таблетки диаметром 8 мм и толщиной 2 мм. Давление прессования во всех компактируемых таблетках было одинаковым и равнялось 100 кг/см². Последующее высокотемпературное спекание таблеток разного состава, в том числе и образца без добавок, проводилось одновременно. Спекание осуществлялось при температуре 840°С в течение 10 часов.

Для оптимизации концентрации добавок, приводящей к максимальному росту J_c , необходимо проанализировать зависимости J_c от объемной концентрации структурных дефектов n , т.е. от числа центров пиннинга в единице объема сверхпроводника. Несмотря на то, что массовая концентрация различных добавок варьировалась в одинаковых пределах от 0.05 до 0.2 масс. %, объемная концентрация примесей существенно различается, так как различны плотности легирующих добавок при одинаковом среднем поперечном размере наноразмерных частиц. Объемная концентрация частиц была рассчитана, исходя из характерного поперечного размера частицы в 20 нм и плотностей легирующих веществ NbN: $\rho \approx 8.4$ г/см³; NbC: $\rho \approx 8.0$ г/см³; TaC: $\rho \approx 14.4$ г/см³. На рисунке 2 представлена зависимость критического тока при $T=4.2$ К, нормированного на максимальную величину, от концентрации добавок (центров пиннинга) различных легирующих веществ. Кривая имеет универсальный куполообразный характер с максимумом в диапазоне $n \approx 6 \div 7 \cdot 10^{13}$ частиц/см³. Таким образом, в результате проведенных исследований намагниченности образцов Bi₂Sr₂Ca₂Cu₃O₁₀ при различных содержаниях наноразмерных добавок карбида тантала, карбида ниобия и нитрида ниобия, впервые обнаружено, что наноразмерные добавки приводят к резкому увеличению намагниченности. Это, в свою очередь, означает повышение критической плотности тока. Наиболее заметное повышение критической плотности тока зарегистрировано при внедрении TaC. В нулевом поле повышение J_c составило 120% при $T=4,2$ К и 100 % при $T=77$ К. Максимальное повышение критической плотности тока на 290 % отмечено при $T=77$ К в магнитном поле 40 мТл. Анализ зависимостей нормированной критической плотности тока от объемной концентрации частиц указывает на существование универсальной кривой $J_c(n)$, имеющей экстремум в области оптимальной концентрации наноразмерных добавок $n_{\text{опт}} \approx 6 \div 7 \cdot 10^{13}$ см⁻³. Использование универсальной кривой $J_c(n)$ открывает путь к прогнозированию оптимальных весовых концентраций наноразмерных добавок иных материалов, исходя из плотности используемого вещества и его дисперсности.

Аналогичные исследовательские работы авторами проводились в работах [19, 20], было исследовано влияние различных наноразмерных Co₃O₄ (10, 30 и 50 нм) добавок на сверхпроводник Bi_{1,6}Pb_{0,4}Sr₂Ca₂Cu₃O₁₀(Co₃O₄)_x с $x = 0-0.05$ масс. % к его свойствам. С помощью рентгеновского дифрактометра и сканирующей электронной микроскопии проводились измерения критической температуры и критической плотности тока. Образцы были изготовлены обычным способом твердофазной реакции. Образцы с $x=0,01$ масс. % Co₃O₄ (10нм) показали самую высокую T_{c-zero} при 102 К. Наибольшее J_c наблюдалось при $x=0,03$ масс. % Co₃O₄ (10 нм) и $x=0,02$ масс. % Co₃O₄ (30нм) образцов. При 77 К плотность тока проводимости J_c для образцов 10 нм и 30 нм Co₃O₄ соответственно увеличивается в 6 и 13 раз больше, чем у образцов без добавок, соответственно.

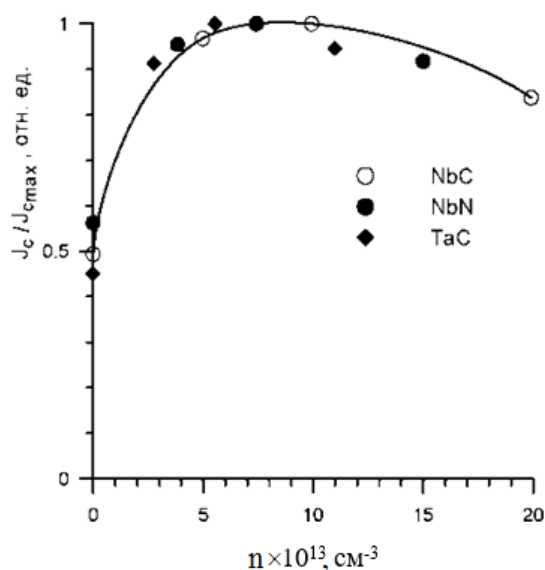


Рисунок 2 – Зависимость нормированной плотности критического тока от объемной концентрации различных легирующих добавок

При малых внедрениях образцов наночастиц Co_3O_4 в $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$ (Bi-2223) повышается критическая плотность тока и формирование фаз. При больших добавках наночастиц (50 нм) Co_3O_4 наблюдается изменение фазы сверхпроводимости Bi-2223 (таблица 1).

Соответственно, по результатам авторов работ можно предположить, что оптимальные размеры нанодобавок не превышает 50 нм, также оптимальное процентное соотношение нанодобавок составляет 0.01-0.05 масс. %.

Таблица 1 - Зависимости критических характеристик сверхпроводников от размеров нанодобавок

x (масс %)		Процентная доля состава		$T_{c\text{-zero}}$ ($\pm 1\text{K}$)	J_c при 30K (mA/cm^2)	J_c при 77K (mA/cm^2)
		Bi-2223(%)	Bi-2212(%)			
10нм	0	51	49	100	371	26
	0.01	61	39	102	412	108
	0.02	61	39	101	590	122
	0.03	72	28	97	1232	358
	0.04	63	37	99	725	342
	0.05	51	49	95	986	82
30нм	0	51	49	100	371	26
	0.01	72	28	97	1389	923
	0.02	44	56	97	1018	609
	0.03	48	52	96	1262	508
	0.04	53	47	98	1025	731
	0.05	47	53	94	440	236
50нм	0	51	49	100	371	26
	0.01	72	28	97	1389	923
	0.02	44	56	97	1018	609
	0.03	48	52	96	1262	508
	0.04	37	63	95	755	250
	0.05	37	63	93	428	170

Выводы

Таким образом, краткий обзор экспериментальных работ, посвященных исследованию пиннингговых центров, показывает, что есть возможность определения оптимальной концентрации наноразмерных добавок, в которой плотность тока дает максимальное значение. Литературные данные по данному направлению показывают, что на повышение критических характеристик исследуемого материала наряду с оптимальной концентрации самих нанодобавок влияет также их размеры.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] И.А. Руднев, М.А. Осипов. Локальные магнитооптические исследования магнитных структур в высокотемпературных сверхпроводящих композитах. Известия РАН. Серия физическая. 2013. Т.77(3). С. 369-372.
- [2] И. А. Руднев. Эффекты влияния нанодобавок и радиационных воздействий на транспортные и магнитные характеристики перспективных сверхпроводящих материалов. 2014. С. 258
- [3] M. Miura, B. Mayorov, S.A. Baily, N. Haberkorn, J.O. Willis, K. Marken, T. Izumi, Y. Shiohara, and L. Civale. Mixed pinning landscape in nanoparticles-introduced YgdBa₂Cu₃O_y films grown by metal organic deposition. Physical Review B. 2011. 83. 184519 (1-8).
- [4] Kaname Matsumoto and Paolo Mele. Artificial pinning center technology to enhance vortex pinning in YBCO coated conductors. Supercond Sci. Technol. 2010. 23. 014001 (1-12).
- [5] T. Aytug, M. Paranthaman, E.D. Specht, Y. Zhang, K. Kim, Y.L. Zuev, C. Cantoni, A. Goyal, D.K. Christen, V.A. Maroni, Y. Chen and V. Selvamanickam. Enhanced flux pinning in MOCVD-YBCO films through Zr additions: systematic feasibility studies. Supercond. Sci. Technol. 2010. 23. P. 014005 (1-7).
- [6] J.E. Villegas, E.M. Gonzalez, Z. Sefrioui, J. Santamaria, J.L. Vicent. Vortex phases in superconducting Nb thin films with periodic pinning. Physical Review B. 2005. 72. P. 174512 (1-6).
- [7] K. Christova, A. Manov, J. Nyhus, U. Thisted, O. Herstad, S. E. Foss, K. N. Haugen, K. Fossheim, Bi₂Sr₂CaCu₂O_x bulk superconductor with MgO particles embedded. Journal of Alloys and Compounds, 2002. 340. P. 1-5.
- [8] M. T. Gonzales, N. Hari-Babu, D. A. Cardwell, Enhancement of J_c under magnetic field by Zn doping in melt-textured Y-Ba-Cu-O superconductors. Superconductor Science and Technology, 2002.15. P. 1372-1376.
- [9] I. Karaca, S. Celebi, A. Varilci, A. I. Malik, Effect of Ag₂O addition on the intergranular properties of the superconducting Bi-(Pb)-Sr-Ca-Cu-O system. Superconductor Science and Technology. 2003.16. P. 100-104.
- [10] M. Matsui, N. Sakai, M. Murakami, Effect of Ag₂O addition on trapped field and mechanical properties of Nd-Ba-Cu-O bulk superconductors. Superconductor Science and Technology, 2002.15. 10921098.
- [11] V. Garnier, S. Marinel, G. Desgardin, Influence of the addition of SnO₂ nano-particles on Bi-2223 phase formation. Journal of Materials Science. 2002.37. P. 1785-1788.
- [12] V. Selvamanickam, Y. Chen, J. Xie, Y. Zhang, A. Guevara, I. Kesgin, G. Majkic, M. Martchevsky, Influence of Zr and Ce Doping on Electromagnetic Properties of (Gd,Y)-Ba-Cu-O Superconducting Tapes Fabricated by Metal Organic Chemical Vapor Deposition. Physica C. 2009. V. 469. P. 2037.
- [13] Igor E. Agranovski, Alexander Y. Ilyushechkin and others, Methods of introduction of MgO nanoparticles into Bi-2212/Ag tapes. Physica C. 2006. 434. P. 115-120.
- [14] А.Г. Колмаков, Б.П. Михайлов, П.Е. Казин, И.В. Апалькина, Оптимизация микроколичеств карбида ниобия в сверхпроводящей керамике (Bi,Pb)₂Sr₂Ca₂Cu₃O_{10+x} с использованием подхода мультифрактального формализма. Неорганические материалы. 2003. Т.39(4). С.495-504.
- [15] Б.П. Михайлов, Г.С. Бурханов, П.Е. Казин, В.В. Ленников, С.В. Шавкин, Г.В. Ласкова, А.А. Титов, Микроструктура и сверхпроводящие свойства керамики Bi-2223, легированной карбидом тантала. Неорганические материалы. 2001. Т.37 (11). С.1402-1408.
- [16] M.Zouaoui, A.Ghattas, M.Annabi et al., Magneto-resistance analysis of nanometer Al₂O₃ added Bi-2223 polycrystalline superconductors. Journal of Physics Conference Series. 2009.150. 052292.
- [17] H.Abbasi, J.Taghipour, H.Sedghi, The effect of MgCO₃ addition on the superconducting properties of Bi-2223 superconductors // Journal of Alloys and Compounds, 2009. 482, P. 552-555.
- [18] D. Sykorova, O. Smrckova, K. Rubesova, K. Knizek, Influens of B, Al, Ga, In on the composition of Bi(Pb)SrCaCuO system // Physica B, 2002. 321. P. 295-297.
- [19] **Nur Jannah Azman, Huda Abdullah, and Roslan Abd-Shukor**, Transport Critical Current Density of (Bi₁₆Pb₀₄)Sr₂Ca₂Cu₃O₁₀ Ceramic Superconductor with Different Nanosized Co₃O₄. Addition; *School of Applied Physics, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia*, 2014.
- [20] Nabil A. A. Yahya and R. Abd-Shukor, Electrical Transport Properties of (Bi₁₆Pb₀₄Sr₂Ca₂Cu₃O₁₀)/Ag Tapes with Different Nanosized MgO. *School of Applied Physics, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia*, 2013.

REFERENCES

- [1] I.A. Rudnev, M.A. Osipov. Lokalnie magnitoopticheskie issledovaniya magnitnykh struktur v vysokotemperaturnykh sverchprovodyashich kompositach // Izvestiya RAN. Seriya fizicheskaya. 2013. T.77(3). S.369-372. (In Russian)
- [2] I.A. Rudnev. Effekty vliyaniya nanodobavok i radiacionnykh vozdeystvii na transportnyie i magnitnyie charakteristiki perspektivnykh sverchprovodyashich materialov. 2014. S. 258. (In Russian)
- [3] M. Miura, B. Mayorov, S.A. Baily, N. Haberkorn, J.O. Willis, K. Marken, T. Izumi, Y. Shiohara, and L. Civale. Mixed pinning landscape in nanoparticles-introduced YgdBa₂Cu₃O_y films grown by metal organic deposition. Physical Review B. 2011. 83. 184519 (1-8).
- [4] Kaname Matsumoto and Paolo Mele. Artificial pinning center technology to enhance vortex pinning in YBCO coated conductors. Supercond Sci. Technol. 2010. 23. 014001 (1-12).
- [5] T. Aytug, M. Paranthaman, E.D. Specht, Y. Zhang, K. Kim, Y.L. Zuev, C. Cantoni, A. Goyal, D.K. Christen, V.A. Maroni, Y. Chen and V. Selvamanickam. Enhanced flux pinning in MOCVD-YBCO films through Zr additions: systematic feasibility studies. Supercond. Sci. Technol. 2010. 23. P. 014005 (1-7).
- [6] J.E. Villegas, E.M. Gonzalez, Z. Sefrioui, J. Santamaria, J.L. Vicent. Vortex phases in superconducting Nb thin films with periodic pinning. Physical Review B. 2005. 72. P. 174512 (1-6).

- [7] K. Christova, A. Manov, J. Nyhus, U. Thisted, O. Herstad, S. E. Foss, K. N. Haugen, K. Fossheim, $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ bulk superconductor with MgO particles embedded. *Journal of Alloys and Compounds*, 2002. 340. P. 1-5.
- [8] M. T. Gonzales, N. Hari-Babu, D. A. Cardwell, Enhancement of J_c under magnetic field by Zn doping in melt-textured Y-Ba-Cu-O superconductors. *Superconductor Science and Technology*, 2002.15. P. 1372-1376.
- [9] I. Karaca, S. Celebi, A. Varilci, A. I. Malik, Effect of Ag_2O addition on the intergranular properties of the superconducting Bi-(Pb)-Sr-Ca-Cu-O system. *Superconductor Science and Technology*. 2003.16. P. 100-104.
- [10] M. Matsui, N. Sakai, M. Murakami, Effect of Ag_2O addition on trapped field and mechanical properties of Nd-Ba-Cu-O bulk superconductors. *Superconductor Science and Technology*, 2002.15. 10921098.
- [11] V. Garnier, S. Marinel, G. Desgardin, Influence of the addition of SnO_2 nano-particles on Bi-2223 phase formation. *Journal of Materials Science*. 2002.37. P. 1785-1788.
- [12] V. Selvamanickam, Y. Chen, J. Xie, Y. Zhang, A. Guevara, I. Kesgin, G. Majkic, M. Martchevsky, Influence of Zr and Ce Doping on Electromagnetic Properties of (Gd,Y)-Ba-Cu-O Superconducting Tapes Fabricated by Metal Organic Chemical Vapor Deposition. *Physica C*. 2009. V. 469. P. 2037.
- [13] Igor E. Agranovski, Alexander Y. Ilyushechkin and others, Methods of introduction of MgO nanoparticles into Bi-2212/Ag tapes. *Physica C*. 2006. 434. P. 115-120.
- [14] A.G. Kolmakov, B.P. Mikhailov, P.E. Kazin, I.V. Apalkina, Optimizatsiya mikrokolichestv karbida niobiya v sverhprovodyashey keramike $(\text{Bi,Pb})_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+x}$ s ispolzovaniem podhoda multifraktalnogo formalizma. *Neorganicheskie materialy*. 2003. T.39(4). S. 495-504. (In Russian)
- [15] B.P. Mikhailov, G.S. Burhanov, P.E. Kazin, V.V. Lennikov, S.V. Shavkin, G.V. Affectionate, A.A. Titov, Mikrostruktura I sverhprovodyaschie svoystva keramiki Bi-2223, legirovannoy karbidom tantal. *Neorganicheskie materialy*. 2001. T.37 (11). S.1402-1408. (In Russian)
- [16] M.Zouaoui, A.Ghatts, M.Annabi et al., Magneto-resistance analysis of nanometer Al_2O_3 added Bi-2223 polycrystalline superconductors. *Journal of Physics Conference Series*. 2009.150. 052292.
- [17] H.Abbasi, J.Taghipour, H.Sedghi, The effect of MgCO_3 addition on the superconducting properties of Bi2223 superconductors // *Journal of Alloys and Compaunds*, 2009. 482, P. 552-555.
- [18] D. Sykorova, O. Smrckova, K. Rubesova, K. Knizek, Influens of B, Al, Ga, In on the composition of Bi(Pb)SrCaCuO system // *Physica B*, 2002. 321. P. 295-297.
- [19] **Nur Jannah Azman, Huda Abdullah, and Roslan Abd-Shukor**, Transport Critical Current Density of $(\text{Bi}_{16}\text{Pb}_{04})\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$ Ceramic Superconductor with Different Nanosized Co_3O_4 . Addition; *School of Applied Physics, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia*, 2014.
- [20] Nabil A. A. Yahya and R. Abd-Shukor, Electrical Transport Properties of $(\text{Bi}_{16}\text{Pb}_{04}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10})/\text{Ag}$ Tapes with Different Nanosized MgO. *School of Applied Physics, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia*, 2013.

ӘОЖ: 538.95

А.Д. Құдайберген, Қ.Б. Байгісова, Қ.У. Жетпісбаев, Г.Т. Алжамбекова, Б.Д. Сәрсембаева

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан

НАНОҚҰРЫЛЫМДАРДЫҢ ЖТАӨ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Аннотация. Берілген жұмыста критикалық тоқ тығыздығын J_c біршама арттыру мақсатында пайдаланылатын пиннинг орталықтарын зерттеуге байланысты ғылыми жұмыстарға шолу жасалды. Жоғары температуралы асқын өткізгіштердегі (ЖТАӨ) пиннинг орталықтары оған әртүрлі металл оксидтер мен карбидтер түріндегі нано өлшемді қоспалар енгізу арқылы жасалады. Қағида бойынша, критикалық тоқтың берілген қоспалардың көлемдік концентрациясына тәуелділігі бір ғана әмбебап қисықпен сипатталатыны белгіленген. J_c мәнінің максимал өсуін қамтамасыздандыратын көлемдік концентрация мен қоспа өлшемінің оңтайлы диапазоны көрсетілді.

Тірек сөздер: ЖТАӨ, пиннинг орталығы, дефектілер, наноөлшемді қоспалар.

Сведения об авторах:

Құдайберген Азамат – Магистрант 2-го курса специальности «Техническая физика», КазННТУ им. К.И. Сәтпаева, эл.почта: kudaibergeren.azamat@inbox.ru, тел: 8 708 839 2826;

Байгісова Қымбат – PhD, Лектор кафедры общей и теоретической физики КазННТУ им. К.И. Сәтпаева, эл.почта: kymbat_b@mail.ru, тел: 8 747 136 7117;

Жетпісбаев Қайратбек – PhD докторант 3-го курса специальности «Нanomaterialы и нанотехнологии», КазННТУ им. К.И. Сәтпаева, эл.почта: 79kairatbek@mail.ru, 8 777 0235685;

Алжамбекова Гүлдана – канд.тех.наук, Сеньор лектор кафедры общей и теоретической физики КазННТУ им. К.И. Сәтпаева, эл.почта: adana@bk.ru, тел: 8 701 2504192;

Сәрсембаева Бибиғұл – ассистент кафедры общей и теоретической физики КазННТУ им. К.И. Сәтпаева, эл.почта: bibigul_s_77@mail.ru, тел: 8 747 5119097

МАЗМҰНЫ

<i>Сайдуллаева Н.С., Қабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Тагаев Н.С., Каликулова А.О.</i> Электр тізбегінің сыртқы кедергісінде бөлінетін қуатты зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты орындауды ұйымдастыру.....	5
<i>Асанова А.Т., Аширбаев Х.А., Сабалахова А.П.</i> Гиперболалық тектес дербес туындылы интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін бейлокал есеп туралы.....	11
<i>Сайдуллаева Н.С., Қабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Аширбаев Х.А., Каликулова А.О.</i> Компьютерлік зертханалық жұмыстарды орындау үшін бірімді емес есептер мен берілгендері түгел емес есептерді құрастыру.....	19

Аспан механикасының, жұлдыздар жүйесінің және ядролық астрофизика мәселелері

<i>Дубовиченко С.Б., Буркова Н.А., Джазаиров-Кахраманов А.В., Ткаченко А.С., Бейсенов Б.У., Мукаева А.Р.</i> Радиациялық ${}^3\text{He}^4\text{He}$ басып алу астрофизикалық S-факторы.....	25
<i>Ибраимова А.Т.</i> Жұлдызды шоғырлардың сандық үлгілеріндегі жарқырағыштылық кескіні.....	32
<i>Гайсина В.Н., Денисюк Э.К., Валиуллин Р.Р., Кусакин А.В., Шомшекова С.А., Рева И.В.</i> , NGC 5548 Айнымалы сейферт ғаламы.....	41
<i>Демченко Б.И., Воропаев В.А., Комаров А.А., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б.</i> , KAZSAT-2 және KAZSAT-3 Қазақстандық байланыс серіктері үшін әлеуетті қауіпті геотұрақты серіктер	50
<i>Акниязов Ч.Б.</i> Ғарыштық коқыс бұлтындағы объекттердің соқтығысу ықтималдылығын анықтауды болжауға арналған қысқа және ұзақ мерзімді әдіс.....	57
<i>Серебрянский А.В., Кругов М.А., Валиуллин Р.Р., Комаров А.А., Демченко Б.И., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б.</i> , Қазақстандағы ассы-түрген обсерваториясының жаңа оптикалық кешені	66
<i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Кругов М.А., Рева И.В., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.</i> , 2016 жылы Тянь-шань және ассы-түрген обсерваторияларында геостационар серіктерді бақылау нәтижелері.....	74

Жұлдыздардың және тұмандықтардың зерттеулері

<i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Кругов М.А.</i> , PC 12 және M1-46 планеталық тұмандықтардың спектрлік зерттеулері.....	81
<i>Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я.</i> Жас жұлдыздарда X-гау эмиссиялар құрылуының негізгі механизмдері	90
<i>Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я.</i> Хебигтің AeBe қос жұлдыздарынан X-гау эмиссияларды бақылау	96
<i>Павлова Л.А.</i> Жас жұлдыздар қабаттарындағы айнымалылықтың құрылымдарын және механизмдерін зерттеу.....	102
<i>Терецченко В.М.</i> , «Жұлдыздардың спектродетекциялық каталогы» O-B-жұлдыздар үшін бақыланатын және есептелген жұлдыздар шамасын және түстерінің көрсеткіштерін салыстыру.....	110
<i>Шестакова Л.И., Рева И.В., Кусакин А.В.</i> WD1145+017 ақ ергежей маңындағы планетоидтардың транзиттік өтуі және олардың термиялық эволюциясы.....	117
<i>Серебрянский А.В., Шестакова Л.И., Рева И.В.</i> WD1145 + 017 ақ ергежейдің жарқырау қисығының талдауы.....	123
<i>Айманова Г.К., Серебрянский А.В., Рева И.В.</i> SDSS 1507 + 52 катаклизмалық айнымаланың фотометрлік зерттеулері.....	129
<i>Терецченко В.М.</i> , Фотометрлік мәліметтер бойынша энергияның спектрлік таралуының абсолютизациясы.....	136
<i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.</i> , Соңғы спектрлік кластардағы жұлдыздар жанында сублимациялану процесінде шаң-тозаңды бөлшектердің орбиталық эволюциясы.....	143
<i>Шомшекова С.А., Рева И.В., Кондратьева Л.Н.</i> , Тянь-Шань Астрономиялық Обсерваториясындағы 1-метрлік телескопқа арналған фотометрлік жүйені стандарттау.....	155

Күннің және күн жүйесі денелерінің физикасы

<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М.</i> , Жеделдетілген протондар қуатына корональ шығарулардың соққы толқынының әсері.....	162
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А.</i> , 2004-2016 жылдары Юпитердің солтүстік және оңтүстік жартышарларында аммиактың жұту жолында асимметрияны зерттеу.....	170
<i>Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г., Филиппов В.А.</i> Юпитердің галилейлік серіктеріндегі өзара бірігулерді және тұтылуды зерттеу (халықаралық бағдарлама РНЕМУ-15).	179
<i>Тейфель В.Г., Каримов А.М., Лысенко П.Г., Филиппов В.А., Харитоновна Г.А., Хоженец А.П.</i> , Юпитер: көпжылдық бақылаулар бойынша бес негізгі ендік белдіктерінде молекулалық жұтудың вариациясы.....	185
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> 2016 жылы экватор бойында және юпитердің орталық меридианында аммиак және метанның жұту вариациясы. 8 Жұту жолағы үшін салыстырмалы талдау.....	192
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> Юпитер дискісі бойынша аммиакты және метанды жұтудың кеңістікті-уақыттық вариациясы параметрлерінің корреляциялық өзара байланысы және олардың күн қарқындылығы индексімен байланысы	204
<i>Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Комаров А.А., Рева И.В.</i> Атмосфералық экстинкцияның лездік мәндері және ауысуы коэффициенттері.....	209

* * *

<i>Ақылбаев М.И., Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш.</i> Коэффициенті айнымалы, бірінші ретті кәдімгі дифференциалдық теңдеудің сингуляр әсерленген Коши есебін спектралді таралым әдісі арқылы шешу.....	215
<i>Құдайберген А.Д., Байгісова Қ.Б., Жетпісбаев Қ.У., Алжамбекова Г.Т., Сәрсембаева Б.Д.</i> Нанокұрылымдардың ЖТАӨ қасиеттеріне әсері.....	223
<i>Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш., Ақылбаев М.И.</i> Коэффициенттері тұрақты екінші ретті кәдімгі дифференциалдық теңдеудің сингуляр әсерленген Кошилік есебін шешудің операторлық әдісі туралы.....	230
<i>Жақып-тегі К.Б.</i> Гуктың заңы анизотроптық денелердің серпілімдік теориясында.....	241
<i>Қабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абдрахманова Х.К., Джумагалиева А.И., Қыдырбекова Ж.Б.</i> MATLAB бағдарламалық пакетін қолданып «Тікбұрыш екі диэлектрик жазықтық ішінде орналасқан ұзын, зарядталған өткізгіштен құралған жүйенің электр өрісін модельдеу» атты зертханалық жұмысты орындауды ұйымдастыру	252
<i>Қабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омашова Г.Ш., Тоқжигитова А.А., Абдикерова Ж.Р.</i> Айнымалы ток тізбегіндегі индуктивті катушканың реактивті кедергісінің тоқ жиілігіне тәуелдігін зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты ұйымдастыру.....	259
<i>Нысанбаева С.Қ., Тұрлыбекова Г.Қ., Майлина Х.Р., Манабаев Н.К., Омаров Т.К., Мырзашева Ф.Т.</i> Акустикалық интерферометрде конденсирленген орталардағы ультрадыбыстық жұтылу коэффициентін зерттеу.....	266
<i>Сэрээтэр Гульбахыт, Дюсембина Ж.К.</i> Модульдік оқыту технологиясын математика сабағында қолдану.....	274

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Сайдуллаева Н.С., Кабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Тагаев Н.С., Каликулова А.О.</i> Организация выполнения компьютерной лабораторной работы по исследованию мощности выделяемой на внешней нагрузке электрической цепи.....	5
<i>Асанова А.Т., Аширбаев Х.А., Сабалахова А.П.</i> О Нелокальной задаче для системы интегро-дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа.....	11
<i>Сайдуллаева Н.С., Кабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Аширбаев Х.А., Каликулова А.О.</i> Конструирование неоднозначных задач и задач с недостающими данными для выполнения компьютерных лабораторных работ	19

Проблемы небесной механики, динамики звездных систем и ядерной астрофизики

<i>Дубовиченко С.Б., Буркова Н.А., Джазаиров-Кахраманов А.В., Ткаченко А.С., Бейсенов Б.У., Мукаева А.Р.,</i> Астрофизический S-фактор радиационного $^3\text{He}^4\text{He}$ захвата.....	25
<i>Ибраимова А.Т.,</i> Профили светимости в численных моделях звездных скоплений.....	32
<i>Гайсина В.Н., Денисюк Э.К., Валиуллин Р.Р., Кусакин А.В., Шомшекова С.А., Рева И.В.,</i> Переменность сейфертовской галактики NGC 5548.....	41
<i>Демченко Б.И., Воропаев В.А., Комаров А.А., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б.,</i> Геостационарные спутники, потенциально опасные для Казахстанских спутников связи KAZSAT-2 и KAZSAT-3.....	50
<i>Акниязов Ч.Б.,</i> Коротко-временной и долговременной подход для прогноза определения вероятности столкновения объектов в облаке космического мусора.....	57
<i>Серебрянский А.В., Кругов М.А., Валиуллин Р.Р., Комаров А.А., Демченко Б.И., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б.,</i> Новый оптический комплекс на обсерватории Ассы-Турген в Казахстане.....	66
<i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Кругов М.А., Рева И.В., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.,</i> Результаты наблюдений геостационарных спутников в Тянь-Шанской и Ассы-Тургенской обсерваториях в 2016 году.....	74

Исследование звезд и туманностей

<i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Кругов М.А.,</i> Спектральные исследования планетарных туманностей PC 12 и M1-46.....	81
<i>Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я.,</i> Основные механизмы формирования X-гау эмиссии в молодых звездах.....	90
<i>Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я.,</i> Наблюдения X-гау эмиссии от двойных звезд AeVe Хербига.....	96
<i>Павлова Л.А.,</i> Исследование структуры и механизмов переменности в оболочках молодых звезд.....	102
<i>Терецко В.М.,</i> Сравнение наблюдаемых и вычисленных звездных величин и показателей цвета для O-B-звезд «Спектрофотометрического каталога звезд».....	110
<i>Шестакова Л.И., Рева И.В., Кусакин А.В.,</i> Транзитные прохождения планетоидов около белого карлика WD1145+017 и их термическая эволюция.....	117
<i>Серебрянский А.В., Шестакова Л.И., Рева И.В.,</i> Анализ кривой блеска белого карлика WD1145+017.....	123
<i>Айманова Г.К., Серебрянский А.В., Рева И.В.</i> Фотометрические исследования катаклизмической переменной SDSS 1507 + 52	129
<i>Терецко В.М.,</i> Абсолютизация спектрального распределения энергии звезд по фотометрическим данным.....	136
<i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.,</i> Орбитальная эволюция пылевых частиц в процессе сублимации около звезд поздних спектральных классов.....	143
<i>Шомшекова С.А., Рева И.В., Кондратьева Л.Н.,</i> Стандартизация фотометрической системы 1-метрового телескопа ТШАО.....	155

Физика Солнца и тел солнечной системы

<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М.,</i> Влияние ударной волны корональных выбросов на энергию ускоренных протонов. . .	162
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А.,</i> Исследование асимметрии в ходе поглощения аммиака в северном и южном полушариях Юпитера в 2004-2016 годах.....	170
<i>Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г., Филиппов В.А.,</i> Наблюдения взаимных соединений и затмений галилеевых спутников Юпитера (Международная программа RHEMU-15).....	179
<i>Тейфель В.Г., Каримов А.М., Лысенко П.Г., Филиппов В.А., Харитонова Г.А., Хоженец А.П.,</i> Юпитер: вариации молекулярного поглощения в пяти основных широтных поясах по многолетним наблюдениям.....	185
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> Вариации поглощения аммиака и метана вдоль экватора и центрального меридиана юпитера в 2016 году. Сравнительный анализ для 8 полос поглощения.....	192
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.,</i> Корреляционные взаимосвязи параметров пространственно-временных вариаций аммиачного и метанового поглощения по диску Юпитера и их связь с индексом солнечной активности.....	204
<i>Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Комаров А.А., Рева И.В.,</i> Коэффициенты перехода и мгновенные значения атмосферной экстинкции.....	209

* * *

<i>Ақылбаев М.И., Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш.</i> Решение сингулярно возмущенной задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка с переменным коэффициентом, методом отклоняющегося аргумента.....	215
<i>Кудайберген А.Д., Байгисова К.Б., Жетписбаев К.У., Алджамбекова Г.Т., Сарсембаева Б.Д.</i> Влияние наноструктуры на свойства ВТСП	223
<i>Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш., Ақылбаев М.И.</i> Решение сингулярно возмущенной задачи Коши, для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами, операторным методом.....	230
<i>Джакупов К.Б.</i> Закон Гука в теории упругости анизотропных тел	241
<i>Кабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абдрахманова Х.К., Джумагаalieва А.И., Кыдырбекова Ж.Б.</i> Организация выполнения лабораторной работы «Моделирование электрического поля системы, состоящей из диэлектрического угольника и длинного заряженного проводника» с использованием пакета программ MATLAB.....	252
<i>Кабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омашова Г.Ш., Токжигитова А.А., Абдикерова Ж.Р.</i> Организация выполнения компьютерной лабораторной работы по исследованию зависимости реактивного сопротивления катушки индуктивности от частоты переменного тока.....	259
<i>Нысанбаева С.К., Турлыбекова Г.К., Майлина Х.Р., Манабаев Н.К., Омаров Т.К., Мырзашиева Ф.Т.</i> Исследование коэффициента ультразвукового поглощения в конденсированных средах на акустическом интерферометре	266
<i>Сэрээтэр Гульбахыт, Дюсембина Ж.К.</i> Технология модульного обучения на уроках математики.....	274

CONTENTS

<i>Saidullayeva N.S., Kabyrbekov K.A., Pazylova D.T., Tagaev N.S., Kalikulova A.O.</i> Organization of computer lab work to study the power of an electrical circuit oozed on an exterior loading.....	5
<i>Assanova A.T., Ashirbaev H.A., Sabalakhova A.P.</i> On the nonlocal problem for a system of the partial integro-differential equations of hyperbolic type.....	11
<i>Saidullayeva N.S., Kabyrbekov K.A., Pazylova D.T., Ashirbaev Kh.A., Kalikulova A.O.</i> Designing the ambiguous tasks and tasks with missing data for performance of computer laboratory works.....	19

Problems of celestial mechanics, dynamics of stellar systems and nuclear astrophysics

<i>Dubovichenko S. B., Burkova N.A., Dzhezairov-Kakhramanov A.V., Tkachenko A.S., Beisenov B.U., Mukaeva A.R.</i> Astrophysical S-factor for the radiative $^3\text{He}^4\text{He}$ capture.....	25
<i>Ibraimova A.T.</i> Luminosity profiles in numerical models of star clusters.....	32
<i>Gaisina V., Denissyuk E., Valiullin R., Kusakin A., Shomsheikova S., Reva I.</i> Variability of Seyfert galaxy NGC 5548.....	41
<i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Serebryansky A. V., Voropaev V. A., Usoltseva L. A., Akniyazov C. B.</i> Geostationary satellites, potentially dangerous for Kazakhstan communication satellites KAZSAT-2 AND KAZSAT-3.....	50
<i>Akniyazov C. B.</i> Short- and long- term approach collision probability of the objects in space debris cloud.....	57
<i>Serebryanskiy A., Krugov M., Valiullin R., Komarov A., Demchenko B., Usoltseva L., Akniyazov Ch.</i> The new optical complex at assy-turgen observatory in Kazakhstan.....	66
<i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Krugov M.A., Reva I.V., Serebryansky A.V., Usoltseva L. A.</i> Results of observations of geostationary satellites at Tien Shan and Assy- Turgen astronomical observatory in 2016	74

The study of stars and nebulae

<i>Kondratyeva L., Rspaev F., Krugov M.</i> Spectral study of the planetary nebulae PC 12 and M1-46.....	81
<i>Pavlova L.A., Vil'koviskij E.Ya.</i> The main formation mechanisms of X-Ray emission of the young stars.....	90
<i>Pavlova L.A., Vilkoviskij E.Ya.</i> Observations of X-ray emission from binaries herbig AeBe stars.....	96
<i>Pavlova L.A.</i> Investigating of the structure and mechanisms variability in envelopes of young stars.....	102
<i>Tereschenko V. M.</i> The comparison of the observed and calculated magnitudes and color-indexes for O-B-stars of "Spectrophometrical catalogue of stars".....	110
<i>Shestakova L.I., Pesa H.B., Kysakun A.B.</i> Transit passages of planetoids near white dwarf WD1145 + 017 and their thermal evolution.....	117
<i>Serebryanskiy A.V., Shestakova L.I., Reva I.V.</i> Analysis of light curves of the white DWARF	123
<i>Aimanova G. K., Serebryanskiy A. V., Reva I.V.</i> Photometric studies of the cataclysmic variable SDSS 1507 + 52.....	129
<i>Tereschenko V. M.</i> The absolutization of spectral energy distribution of stars on spectral and photometric data	136
<i>Shestakova L.I., Demchenko B.I.</i> Orbital evolution of dust particles in the sublimation process around stars of late spectral classes	143
<i>Shomsheikova S. A., Reva I. V., Kondratyeva L.N.</i> Standardization of the photometric system of the 1-meter telescope on TShAO.....	155

Physics of the Sun and solar system bodies

<i>Minasyants G.S., Minasyants T.M.</i> Effect of the shock wave of coronal ejection on the energy of accelerated protons.....	162
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A.</i> Ammonia absorption asymmetry along the latitudes of the northern and southern hemispheres of Jupiter from 2004-2016 observations	170
<i>Karimov A.M., Lysenko P.G., Tejfel V.G., Filippov V.A.</i> The observations of the Jipiter galilean satellites mutual occultations and eclipses (PHEMU-15 international program).....	179
<i>Tejfel V.G., Karimov A.M., Lysenko P.G., Filippov V.A., Kharitonova G.A., Khozhenetz A.P.</i> Jupiter: variations of the molecular absorption at five main latitudinal belts from longtime observations.....	185
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> The variations of ammonia and methane absorption along the jovian equator and central meridian in 2016. Comparative analysis of the eight absorption bands.....	192
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> Mutual correlations of the parameters of the methane and ammonia absorption spatial-temporal variations over jovian disk and their connections with the solar activity index	204
<i>Serebryanskiy A., Usoltseva L., Komarov A., Reva I.</i> The trasformation coefficients and instantaneous values of atmospheric extinction.....	209

* * *

<i>Akylbaev M.I., Besbayev G.A., Shaldanbaev A.Sh.</i> Solution of a singularly perturbed Cauchy problem, for an ordinary differential equation of the first order with a variable coefficient, by the method of a deviating argument.....	215
<i>Kudaibergen A.D., Baigisova K.B., Zhetpisbayev K.U., Aldzhambekova G.T., Sarsembayeva B.D.</i> Effect of nanostructures on HTSC properties	223
<i>Besbayev G.A., Shaldanbaev A.Sh., Akylbayev M.I.</i> Solution of a singularly perturbed Cauchy problem, for an ordinary differential equation of the second order with constant coefficients, by the operator method.....	230
<i>Jakupov K.B.</i> Hook's law in the theory of elasticity of anisotropic bodies.....	241
<i>Kabyrbekov K. A., Ashirbaev H.A., Abdrahmanova H. K., Dzhumagalieva A.I., Kydybekova Zh.B.</i> Managing the implementation of laboratory work "Simulation of the electric field of a system consisting of dielectric triangles and long conductor charged" with using MATLAB software package	252
<i>Kabyrbekov K.A., Saidahmetov P.A., Omashova G.Sh., Tokzhigitova A.A., Abdikerova Zh.R.</i> The organization of performance of computer laboratory operation on examination of dependence of condensance of inductance coils from frequency of the alternating current.....	259
<i>Nysanbaeva S.K., Turlybekova G.K., Maylina Kh.R., Manabaev N.K., Omarov T.K., Myrzacheva F.T.</i> Research of the ultrasonic absorption coefficient in condensed states on acoustic interferometer.....	266
<i>Sereeter G., Dyusembina Zh.K.</i> Using modular technology at math lesson.....	274

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.physics-mathematics.kz>

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Редакторы *М. С. Ахметова, Д.С. Аленов, Т.А. Апендиев*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 27.07.2017.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
17,8 п.л. Тираж 300. Заказ 4.

Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19