

ISSN 1991-346X

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 (302)

ШІЛДЕ – ТАМЫЗ 2015 ж.

ИЮЛЬ – АВГУСТ 2015 г.

JULY – AUGUST 2015

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

ҚР ҰҒА академигі,

Мұтанов Г. М.

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнчечков Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

Г. М. Мутанов

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

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, 2015

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

Editor in chief

G. M. Mutanov,
academician of NAS RK

Editorial board:

A.A. Ashimov, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

I.N. Vishnievski, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

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

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

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

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 4, Number 302 (2015), 242 – 246

**VOLUME MATERIAL FOR SPINTRONICS
ON BASIS OF INTERMETALLIDE $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$**

Yu. A. Ryabikin, O. V. Zashkvara, V. V. Klimenov, A. T. Isova, S. Zh. Tokmoldin

Institute of Physics and Technology, Almaty, Kazakhstan

E-mail: yuar-39@mail.ru

Keywords: intensity, solid, cell, semiconductor, resistivity.

Abstract. The increase of the amount of information without losing speed transmission has always been the most important task of solid state physics. In this regard, in recent years there is an intensively developing new solid-state physics – spintronics. In the article the question on possibility of use under certain conditions, the alloy-based intermetallic compound $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$ as the bulk material for spintronics. Used to date materials in spintronics with the necessary set of properties (semiconducting and ferromagnetic) could only be made in the form of thin films.

As far as we know in the literature still lack information about the preparation of bulk materials for spintronics. The applicability of the same bulk materials may allow to significantly extend the capabilities of spintronics. Moreover, it is important that the Curie temperature of the material substantially above ambient ($T_C=C$). All this gives us hope that the proposed volume of material based on intermetallic compound $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$ will find wide application in spintronics, but also will allow a new look at the problem of obtaining three-dimensional materials for spintronics. In addition, there is a possibility in case of need-based intermetallic compound $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$ samples in the form of thin films. The authors propose to use in spintronics, a new surround material – alloy-Zn-based intermetallic compound $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$. Alloy-Zn stoichiometric composition (17 weight. percent cobalt) has a complex cubic lattice with 52 atoms in the unit cell. The solid solutions of introduction of the temperature coefficient of resistivity are negative, indicating that these alloys exhibit semiconductor properties. Measurements by EPR showed that for samples with a concentration From C=23-24 is a ferromagnetic interaction between the ions. The combination of features of the ferromagnetic and semiconductor properties of the bulk solid solutions on the basis of intermetallic compound $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$ may be useful for their use in spintronics.

УДК 541.122:538.214

**ОБЪЕМНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СПИНТРОНИКИ
НА ОСНОВЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$**

Ю. А. Рябкин, О. В. Зашквара, В. В. Клименов, А. Т. Исова, С. Ж. Токмолдин

Физико-технический институт, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: интенсивность, твердое тело, ячейка, полупроводник, электросопротивление.

Аннотация. Повышение объема передаваемой информации без потери скорости ее передачи всегда являлось важнейшей задачей физики твердого тела. В связи с этим в последние годы интенсивно развивается новое направление физики твердого тела – спинтроника.

В статье рассмотрен вопрос о возможности использования при определенных условиях сплава на основе интерметаллида $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$ в качестве объемного материала для спинтронике. Используемые до сих пор материалы в спинтронике с необходимым набором свойств (полупроводниковые и ферромагнитные) могли быть изготовлены только в виде тонких пленок. Насколько нам известно в литературе до сих пор отсутствуют сведения о получении объемных материалов для спинтронике. Применимость же объемных материалов может позволить существенно расширить возможности спинтронике. К тому же очень важно, что температура Кюри предлагаемого материала значительно выше комнатной ($T_K=398\text{K}$). Все это позволяет

надеяться, что предлагаемый объемный материал на основе интерметаллида $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$ найдет широкое применение в спинтронике, а также позволит по-новому взглянуть на проблему получения объемных материалов для спинтроники. Кроме того, имеется возможность в случае необходимости получения на основе интерметаллида $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$ образцов и в виде тонких пленок.

Авторы предлагают использовать в спинтронике новый объемный материал – сплав Co-Zn на основе интерметаллида $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$. Сплав Co-Zn стехиометрического состава (17 вес. процентов кобальта) имеет сложную кубическую решетку с 52 атомами в элементарной ячейке. У твердых растворов внедрения температурный коэффициент электросопротивления имеет отрицательное значение, что свидетельствует о том, что эти сплавы проявляют полупроводниковые свойства. Измерения методом ЭПР показали, что у образцов с концентрацией кобальта $C=23-24$ процента происходит появление ферромагнитного взаимодействия между ионами Co. Сочетание особенностей ферромагнитных и полупроводниковых свойств объемных твердых растворов на основе интерметаллида $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$ может оказаться полезным для использования их в спинтронике.

Спинтроника сравнительно новая, быстро развивающаяся область науки и техники, основанная на передаче информации не с помощью электрических свойств электронов (электрического тока), а использующая перенос магнитных составляющих (спиновые характеристики электронов) ориентированных спинов из ферромагнетика в немагнитный полупроводник (ПП) [1, 2]. Проводимые в этом направлении работы являются весьма актуальными, поскольку появляется возможность создания одноэлектронных систем логических структур и спин-информационных систем, в которых информационной ячейкой памяти служит спин электрона: один спин – один бит информации [3].

Если использовать в качестве эмиттеров (источников) поляризованных электронов ферромагнитные металлы (ФМ), то обычно достижимая степень поляризации спинов в этом случае не превышает 10%. Почти 100% степень поляризации спинов была получена в системах ПП-EuO и ПП-халькогенидные шпинели. К сожалению, ферромагнитные свойства в этих системах проявляются лишь при низких температурах [4,5], что ограничивает их практическое использование. Кроме того, технические трудности с получением хорошего электрического контакта между ФМ и ПП также создают дополнительные проблемы в использовании подобных систем, которые к тому же изготавливаются только в пленочном виде. Становится ясным, что решением этих проблем, хотя бы частичным, является создание ферромагнитных полупроводников (ФП) с температурой Кюри (T_K) выше комнатной. В последнее время появились сообщения о синтезе в США пленочных ферромагнетиков в системе твердых растворов Gd-Mn-Sb, $\text{Gd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{GeP}_2$ (т.н. разбавленные МП) с T_K выше комнатной [6, 7]. Недавно российскими учеными также были получены соединения, имеющие T_K выше комнатной ($\text{CdGeAs}_2:\text{Mn}$, $\text{ZnSiAs}_2:\text{Mn}$) [8,9,10]. Это первые успехи в получении ФП с T_K выше комнатной. К сожалению, все эти системы получены в пленочном виде. Однако, развитие спинтроники требует разнообразных по составу и свойствам новых ФП.

Для устранения указанных недостатков авторы предлагают использовать в спинтронике новый объемный материал - сплав Co-Zn на основе интерметаллида $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$ (электронное состояние с концентрацией $\sim (21/13)$ эл/ат). На основе ингредиентов Co и Zn сплавы для исследования готовились из цинка чистотой 99,99% и Co чистотой 99,99% в корундовых тиглях в шахтной печи сопротивления под покровом расплавленной буры. Сплав разливали в стальные разъемные изложницы для получения слитков диаметром 10 и 22 см. Для приведения в равновесие пробы были подвергнуты длительному ступенчатому отжигу.

Некоторые свойства сплава Co-Zn приведены в работе [11]. Сплав Co-Zn стехиометрического состава (17 вес. процентов Co) имеет сложную кубическую решетку с 52 атомами в элементарной ячейке, упорядоченно расположенными по узлам решетки. Исследование электрических характеристик сплавов Co-Zn в области концентраций Co 13-24 вес. процентов показало, что у твердых растворов внедрения (концентр. Co больше 17 вес. процентов) температурный коэффициент электросопротивления имеет отрицательное значение (рисунки 1 и 2).

Этот факт, а также величина электросопротивления в этой области концентраций Co свидетельствует о том, что эти сплавы проявляют полупроводниковые свойства. Измерения методом ЭПР показали [12], что для образцов с концентрацией Co $C = 23-24$ вес. процентов интенсивность сигнала магнитного резонанса увеличилась почти на три порядка по сравнению с образцом с концентрацией 13 весовых процентов Co.

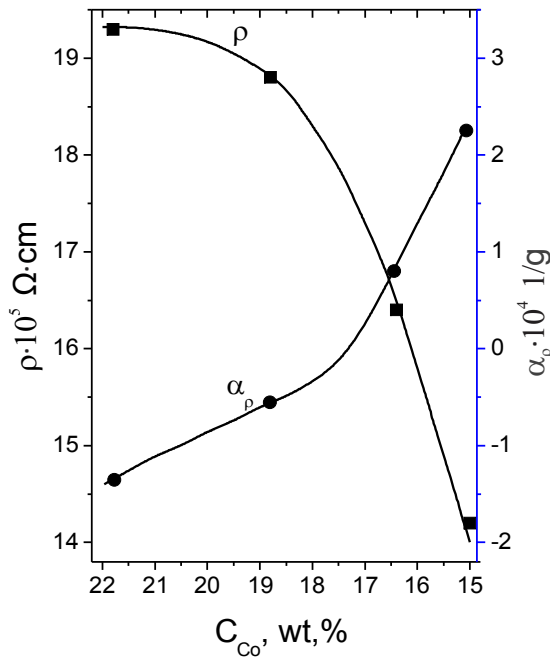


Рисунок 1 – Зависимость удельного электросопротивления (ρ) и его термического коэффициента (α_{ρ}) сплавов системы кобальт-цинк от концентрации кобальта

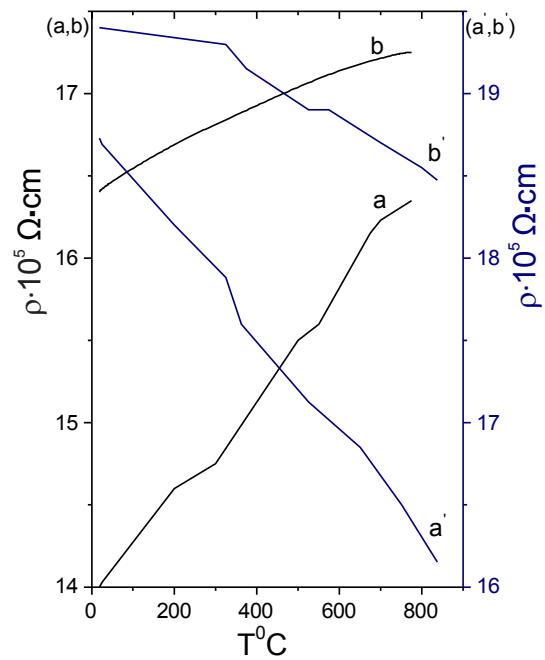


Рисунок 2 – Электросопротивление сплавов системы кобальт-цинк: a – c=17,0; b – c=18,5; a' – c =20,75; b' – c = 23,8 ат. % Co

Это свидетельствует о появлении ферромагнитного взаимодействия между ионами кобальта при этих концентрациях. Для образца сплава с концентрацией 24 вес. Процентом Co наблюдается ЭПР сигнал, состоящий из двух линий (рисунок 3). Это позволяет заключить, что в этом случае происходит образование двух магнитных подрешеток кобальта, внутри которых его ионы взаимодействуют ферромагнитно между собой. Эта особенность предлагаемого материала может представлять дополнительный интерес для экспериментов по спинтронике. Температурные измерения на образце с концентрацией 25 вес. процентов Co показали, что для него $T_K = 398\text{K}$ [11].

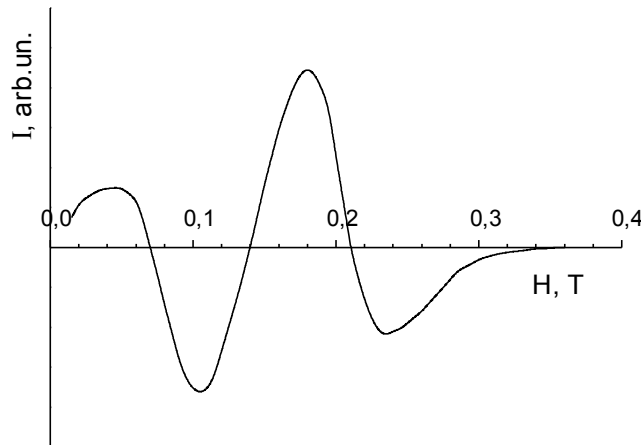


Рисунок 3 – Спектр ЭПР системы кобальт-цинк при концентрации кобальта c = 24 ат%

Таким образом сочетание особенностей ферромагнитных и полупроводниковых свойств объемных твердых растворов на основе интерметаллида $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$ может оказаться полезным для их использования в спинтронике.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта №77 от 16.09.2012 «Разработка стабильных квантово-размерных спиновых наноструктур для телепортации неравновесных когерентных квантовых состояний» Министерства образования и науки Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Zutic S, Das Sarma // *Rev. Mod. Phys.*-2004.-№76.-P. 323.
 [2] Ohno H. // *Science.*- 1998. - №281. P. 951-956.
 [3] Matsukura F., Ohno H., Shen H., Sugawara Y.// *Phys. Rev. B.*- 1998.-№57- 2037.
 [4] Edmonds K.M., Wang K.Y., Campion R.P., Neumann A.C., Farley N.R.S., Gallagher B.L., Foxon C.T.// *Appl. Phys. Lett.*- 2002.- №81- 4991.
 [5] Edmonds K.M, Boguslawski P., Wang K.Y., Campion R.P., Novikov S.N., Farley N.R., Gallagher B.L., Foxon C.T., Sawicki M., Dietl T., Buongiorno Nardelli M., Bernholc J. // *Phys. Rev. Lett.*- 2004.-№ 92.- 1.
 [6] Medvedkin Gennadiy A., Ishibashi Takayuki, Nishi Takao, Hayata Koji, Hasegawa Yoichi, Sato Katsuaki.//*Jpn. J. Appl. Phys. L.*- 2000.- №39.- 949.
 [7] Medvedkin G.A., Hirose K., Ishibashi T., Nishi T., Voevodin V.G., Sato K., Growth J.// *Cryst.*- 2002.-№ 236.- 609.
 [8] Демин Р.В., Королева Л.И., Маренкин С.Ф., Михайлов С.Г., Новоторцев В.М., Калинин В.Т., Аминов Т.Г., Шимчак Р., Шимчак Г., Баран М. // *Письма в ЖТФ.*-2004.- №30.- 81.
 [9] Королева Л.И., Павлов В.Ю., Заширинский Д.М., Маренкин С.Ф., Варнавский С.А., Шимчак Р., Добровольский В., Киланский Л. // *ФТТ.*-2007.-№49.- 2022.
 [10] Королева Л.И., Заширинский Д.М., Хапаева Т.М., Маренкин С.Ф., Шимчак Р., Крзуманска Б., Добровольский В., Киланский Л.// *ФТТ.*- 2009.- №51.- 286.
 [11] Мелихов В.Д., Пресняков А.А. Структура и свойства электронных фаз// *Наука*,-1973.- с.199.-Алма-Ата.
 [12] Рябикин Ю.А., Мелихов В.Д., Зашквара О.В. // *ФММ.*- 1996.-№81.- 36.

REFERENCES

- [1] Zutic S, Das Sarma. *Rev. Mod. Phys.* **2004**, №76, P.323. (in Eng)
 [2] Ohno H. *Science*, **1998**, №281, P.951. (in Eng)
 [3] Matsukura F., Ohno H., Shen H., Sugawara Y. *Phys. Rev. B*, **1998**, №57, P.2037. (in Eng)
 [4] Edmonds K.M., Wang K.Y., Campion R.P., Neumann A.C., Farley N.R.S., Gallagher B.L., Foxon C.T. *Appl. Phys. Lett.*, **2002**, №81, P.4991. (in Eng)
 [5] Edmonds K.M, Boguslawski P., Wang K.Y., Campion R.P., Novikov S.N., Farley N.R., Gallagher B.L., Foxon C.T., Sawicki M., Dietl T., Buongiorno Nardelli M., Bernholc J. *Phys. Rev. Lett*, **2004**, №92, P.1.
 [6] Medvedkin Gennadiy A., Ishibashi Takayuki, Nishi Takao, Hayata Koji, Hasegawa Yoichi, Sato Katsuaki. *Jpn. J. Appl. Phys. L.*, **2000**, №39, P.949. (in Eng)
 [7] Medvedkin G.A., Hirose K., Ishibashi T., Nishi T., Voevodin V.G., Sato K., Growth J. *Cryst.*, **2002**, № 236, P.609. (in Eng)
 [8] Demin R.B., Koroleva L.I., Marenkin S.F., Mikhailov S.G., Novotortsev V.M., Kalinnikov V.T., Aminov T.G., Shimchak R., Shimchak G., Baran M., *Pis'ma v JTF*, **2004**, №30, P.81. (in Russ.)
 [9] Koroleva L.I., Pavlov V.Yu., Zashirinskii D.M., Marenkin S.F., Varnavskii C.A., Shimchak R., Dobrovolskii V., Kilansky L. *FTT*, **2007**, №49, P.2022. (in Russ.)
 [10] Koroleva L.I., Zashirinskii D.M., Hapaeva T.M., Marenkin S.F., Shimchak R., Krzumanska B., Dobrovolskii V.D., Kilansky L. *FTT*, **2009**, №51, P.286. (in Russ.)
 [11] Melikhov V.D., Presnyakov A.A. *The structure and properties of the electronic phase*, *Nauka*, **1973**, 199p. Alma-Ata. (in Russ.)
 [12] Ryabikin Yu.A., Melikhov V.D., Zashkvara O.V. *FMM*, **1996**, №81, P.36. (in Russ.)

Co₅Zn₂₁ ИНТЕРМЕТАЛИД НЕГІЗІНДЕГІ СПИНТРОНИКАҒА АРНАЛҒАН КӨЛЕМДІ МАТЕРИАЛ

Ю. А. Рябикин, О. В. Зашквара, В. В. Клименов, А. Т. Исова, С. Ж. Токмолдин

Физика-техникалық институт, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: қарқындылық, қатты дене, ұяшық, жартылай өткізгіш, электр кедергі.

Аннотация. Авторлар спинтроникада жаңа материал (Co₅Zn₂₁ интерметаллиді негізіндегі Co-Zn қорытпасын) қолдануды ұсынып отыр. Құрамы стехиометриялық Co-Zn қорытпа элементар ұяшығында 52 атомы бар күрделі кубты торға ие. Қатты қоспаларда электрлік кедергінің температуралық коэффициентін ендіру теріс мәнге ие. Бұл осы қорытпалар жартылай өткізгіштік қасиет көрсететінінің дәлелі. ЭПР әдісі бойынша өлшеу, кобальт концентрациясы С=23-24 пайызды құрайтын үлгіде Co иондар арасында ферромагниттік байланыс пайда болатындығын көрсетті. Co₅Zn₂₁ интерметаллид негізіндегі көлемді қатты қоспалардың ферромагниттік және жартылай өткізгіштік қасиеттер ерекшеліктерінің үйлесімділігі, оларды спинтроникада қолдану пайдалы болуы мүмкін.

Таратылатын ақпараттың көлемін таралу жылдамдығын жоғалтпай арттыру бұл қатты дене физикасының маңызды мәселелесі болып табылады. Бұған байланысты соңғы жылдары қатты дене физикасының спинтроника деп аталатын жаңа саласы қарқынды дамуда.

Мақалада спинтроникаға арналған көлемді материал ретінде $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$ интерметалиді негізіндегі қорытпаны белгілі бір жағдайда қолдану мүмкіндіктері қарастырылады. Спинтроникада әліде қолданылатын қажетті қасиеттер (жартылай өткізгішті және ферромагнитті) жыйынтығы бар материалдар, жұқа қабықша ретінде жасалатын. Бізге белгілісі әдебиеттерде әлі де спинтроникаға арналған көлемді материалдарды алу жөніндегі мәліметтер кездеспейді. Көлемді материалдарды қолдану, спинтроника мүмкіндігін біршама кеңейту мүмкін. Сонымен қатар ұсынылып отырылған материалдың Кюри температурасы, бөлме температурасынан біршама жоғары ($T_k=398\text{K}$) болғандығы өте маңызды. Бұның бәрі ұсынылып отырылған $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$ интерметалиді негізіндегі көлемді материал спинтроникада қолданыс табады деген сенімге арқау болады. Бұған қоса қажет болған жағдайда $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$ интерметалиді негізіндегі үлгілерді жұқа қабықша ретінде жасау мүмкіндігі бар.

Поступила 07.07.2015 г.

**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 сайте:

www.nauka-nanrk.kz

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

Редактор *М. С. Ахметова*

Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 14.07.2015.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

17,25 п.л. Тираж 300. Заказ 4.