

- [5] Ganenko T.V., Issaev M.I., Lutsky V.N., Semenov A.A., Abdullayev N.D., Abubakirov N.K. Triterpene glycosides and their genins from Thalictrum foetidum L.III// Cyclophosphatozyde structure. A// Chemistry of natural compounds. - 1986. - I. P.66.-71.
- [6] Shvarev I.F., Zetkin A.L., Nikolsky B.S., Nikonov G.K. Experimental study of anti-tumor activity of ossain // Cancer issues, 1966. – Vol. XII. - 3 - P.64-66
- [7] Artamonova N.A., Nikonov G.K., Rakhimov K.D., Krotova G.I. 5,4-di (diethylaminoethoxy)-6 (3,3-dimethylallyl)-7,8:5",6"- (2",2"- dimetilpirano)-isoflavone ditartarate with anti-tumor effect // USSR inventor's certificate №4689236 / 04, 1989.
- [8] Nikonov G.K., Artamonova N.A., Rakhimov K.D., Vermenichev S.M. 2,2- dimethyl-5,7-dioxy-6(p-oxyphenylacetyl)-8-isopent-2-enylchromene with anti-tumor effect // USSR inventor's certificate № 1162192, 1985.
- [9] Nikonov G.K., Artamonov N.A., Rakhimov K.D., Vermenichev S.M. 2,2- dimethyl-5,7-dioxy-6(p-oxyphenylacetyl)-8-isopent-2-enylchromene with anti-tumor effect // USSR inventor's certificate № 1269468, 1986.
- [10] Pinchuk V.G., Valitsky K.P. Some mechanisms of metastasis and antimetastatic resistance factors // Exper. Oncology. - 1988. - Vol.10. - №3. - P. 22-24.
- [11] Artamonova N.A., Rakhimov K.D., Nikonov G.K., Vermenichev S.M. About interrelation between the structure and antitumor activity in a series of prenylated isoflavones // Tumor chemotherapy in the USSR. DSP. M., 1987. - Vol. 50. - P.173-176.
- [12] Nikonov G.K., Artamonova N.A., Rakhimov K.D., Vermenichev S.M. 4'-monosuccinate-5-oxy-6 (3,3-dimethylallyl)-7,8:5",6"(2",2"- dimetilpirano) -izoflavone with antitumor effect // USSR inventor's certificate №1496224, 1989.
- [13] Artamonova N.A., Nikonov G.K. Isoflavones from maclura aurantica nutt // V Union Symposium dedicated to phenolic compounds. Tallinn, 1987. - Section B – P. 4.
- [14] Nikonov G.K., Artamonova N.A., Rakhimov K.D., Vermenichev S.M. 2,2- dimethyl-5,7-dioxy-6(3,4-dioxyphenylacetyl)-8-isopent-2-enylchromene with anti-tumor effect // USSR inventor's certificate № 1269468, 1986.
- [15] Rakhimov K.D. New natural compounds in chemotherapy against drug resistant tumors. Thesis of Dr.scient.med. Moscow. 1991. P.455.
- [16] Rakhimov K.D., Satybaldieva Zh.A., Sukhodeyeva G.S. and colleagues, Guide to apply medicinal plants. - Almaty. - 1999. P.232.
- [17] Rakhimov K.D. Pharmacology teaching tools. Almaty, 2014 – P.554.

## ДИТЕРПЕНДІ ЛАКТОН ЖӘНЕ ИЗОФЛАВОННЫҢ ҮЙТТЫЛЫҒЫ МЕН ІСІККЕ ҚАРСЫ БЕЛСЕНДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

К. Д. Рахимов

**Тірек сөздер:** ісікке қарсы белсенділік, дитерпен лактондары, изофлавондар.

**Аннотация.** Жұмыста жаңа өндірілген окси- және изофлавондардың және олардың модификацияларының өнімдерінің, сонымен қоса бетолидтің дитерпенді лактондарының ісікке қарсы, сонын ішінде дөрігे резистентті ісіктеге қарсы қасиеттерін дәлелдейтін зерттеу нәтижелері көрсетілген.

Поступила 22.05.2015 г.

BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 1991-3494

Volume 4, Number 356 (2015), 118 – 122

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

Y. A. Ryabikin, O. V. Zashkvara, V. V. Klimenov, A. T. Isova, S. J. Tokmoldin

Institute of Physics and Technology, LLP, 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 intensively developing new solid-state

physics – spintronics. In 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 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 is 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. Рябикин, О. В. Зашквара, В. В. Клименов, А. Т. Исова, С. Ж. Токмолдин**

ТОО "Физико-технический институт", Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** интенсивность, твёрдое 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 – спинtronика.

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 спинtronики. Используемые до сих пор материалы в спинtronике 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 спинtronики. Применимость же объемных материалов может позволить существенно расширить возможности спинtronики. К тому же очень важно, что температура Кюри предлагаемого материала значительно выше комнатной ( $T_c=398\text{K}$ ). Все это позволяет надеяться, что предлагаемый объемный материал на основе интерметаллида  $\text{Co}_5\text{Zn}_{21}$  найдет широкое применение в спинtronике, а также позволит по-новому взглянуть на проблему получения объемных материалов для спинtronики. 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 спинtronике 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 спинtronике.

Спинtronика 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  $Gd-Mn-Sb$ ,  $Gd_{1-x}Mn_xGeP_2$  (т.н. разбавленные МП) с  $T_K$  выше комнатной [6,7]. Недавно российскими учеными также были получены соединения, имеющие  $T_K$  выше комнатной ( $CdGeAs_2 : Mn$ ,  $ZnSiAs_2 : Mn$ ) [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 спинtronики требует разнообразных по составу и свойствам новых ФП.

Для устранения указанных недостатков авторы предлагают использовать в спинtronике новый объемный материал - сплав Co-Zn на основе интерметаллида  $Co_5Zn_{21}$  (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 расположенным 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).

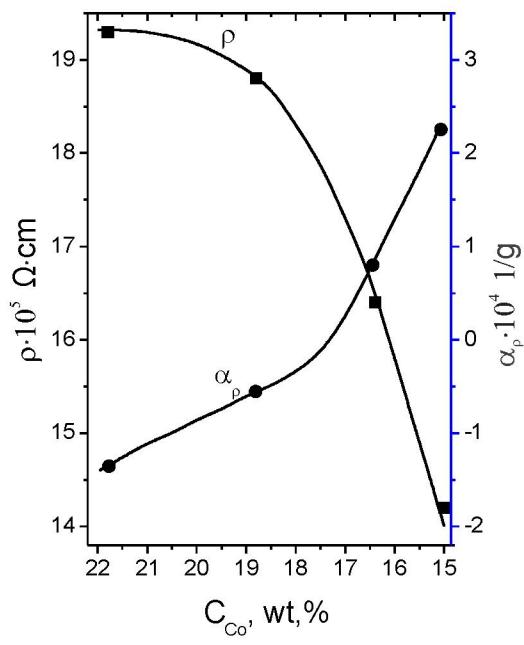


Рисунок 1 – Зависимость удельного электросопротивления ( $\rho$ ) и его термического коэффициента ( $\alpha_\rho$ ) сплавов системы кобальт-цинк от концентрации кобальта

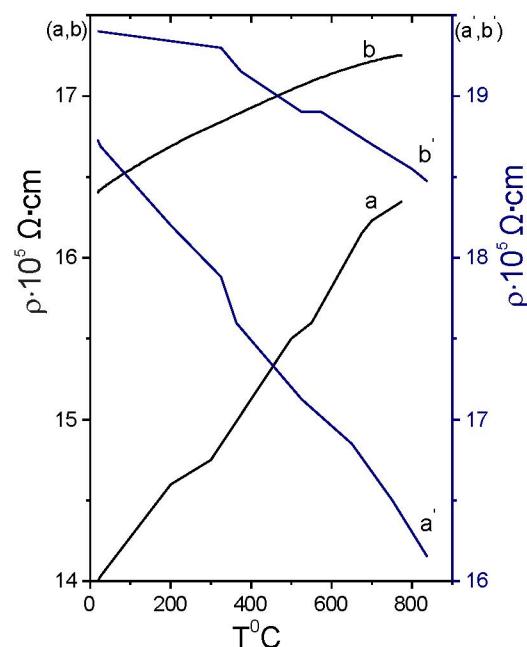


Рисунок 2 – Электросопротивление сплавов системы кобальт-цинк:  
a – c=17,0; b – c =18,5; a' – c =20,75; b' – c = 23,8 ат. % Co

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

Это свидетельствует о появлении ферромагнитного взаимодействия между ионами кобальта при этих концентрациях. Для образца сплава с концентрацией 24 вес. процентов Со 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 спинtronике. Температурные измерения на образце с концентрацией 25 вес. процентов Со показали, что для него  $T_c = 398$  К [11].

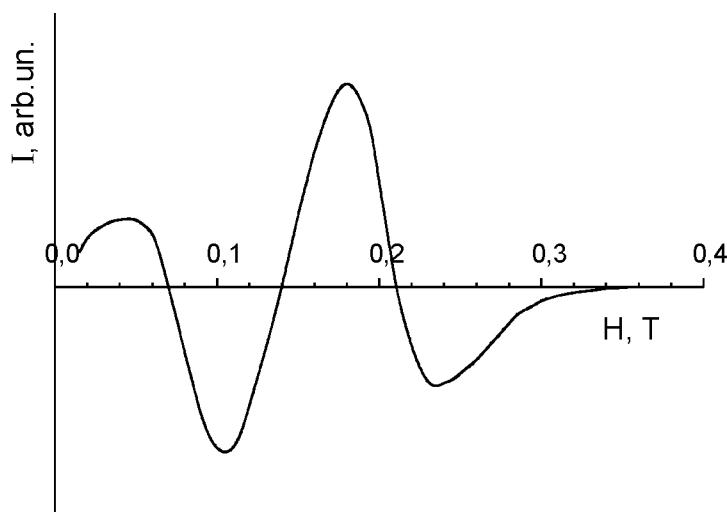


Рисунок 3 – Спектр ЭПР системы кобальт-цинк при концентрации кобальта с = 24 ат%

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 спинtronике.

*Работа выполнена при финансовой поддержке проекта № 77 от 16.09.2012 «Разработка стабильных квантово-размерных спиновыхnanoструктур 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., Калинников В.Т., Аминов Т.Г., Шимчак Р., Шимчак Г., Баран М. // Письма в ЖТФ. - 2004.- №30.- 81.
- [9] Королева Л.И., Павлов В.Ю., Запиринский Д.М., Маренкин С.Ф., Варнавский С.А., Шимчак Р., Добровольский В., Кильянский Л. // ФТТ. - 2007.-№49.- 2022.
- [10] Королева Л.И., Запиринский Д.М., Ханаева Т.М., Маренкин С.Ф., Шимчак Р., Крзуманска Б., Добровольский В., Кильянский Л. // ФТТ. - 2009.- №51.- 286.
- [11] Мелихов В.Д., Пресняков А.А. Строение и свойства электронных фаз// Наука,-1973. - с.199.- Алма-Ата.
- [12] Рябикин Ю.А., Мелихов В.Д., Запквара 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., *Pisma 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., Kilanskiy 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., Kilanskiy L. *FTT*, **2009**, №51, P.286. (in Russ.)
- [11] Melikhov V.D., Presnyakov A.A. *Stroenie i svoistva elektronnyh faz*, Nauka, **1973**, 199p. Alma-Ata. (in Russ.)
- [12] Ryabikin Yu.A., Melikhov V.D., Zashkvara O.V. *FMM*, **1996**, №81, P.36. (in Russ.)

**Co<sub>5</sub>Zn<sub>21</sub> ИНТЕРМЕТАЛИД НЕГІЗІНДЕГІ СПИНТРОНИКАҒА АРНАЛҒАН  
ҚӨЛЕМДІ МАТЕРИАЛ**

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

ЖШС «Физика-техникалық институт», Алматы, Қазақстан

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

**Аннотация.** Авторлар спинтроникада жаңа материал (Co<sub>5</sub>Zn<sub>21</sub> интерметалиді негізіндеғі Co-Zn қорытпасын) қолдануды ұсынып отыр. Құрамы стехиометриялық Co-Zn қорытпа элементар ұшынында 52 атомы бар құрделі кубты торға ие. Қатты қоспаларда электрлік кедергінің температуралық коэффицентін ендіру теріс мәнге ие. Бұл осы қорытпалар жартылай-өткізгіштік қасиет көрсеттінінің дәлелі. ЭПР әдісі бойынша өлшеу, кобальт концентрациясы С = 23-24 пайызды құрайтын үлгіде Со иондар арасында ферромагниттік байланыс пайда болатындығын көрсетті. Co<sub>5</sub>Zn<sub>21</sub> интерметалид негізіндеғі қөлемді қатты қоспалардың ферромагниттік және жартылай-өткізгіштік қасиеттер ерекшеліктерінің үйлесімділігі, оларды спинтроникада қолдану пайдалы болуы мүмкін.

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

Макалада спинтроникаға арналған қөлемді материал ретінде Co<sub>5</sub>Zn<sub>21</sub> интерметалиді негізіндеғі 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 қөлемді материалдарды алу жөніндеңі мәліметтер кездеспейді. Қөлемді материалдарды қолдану, спинтроника мүмкіндігін біршама көңейту мүмкін. Сонымен қатар ұшынылып отырылған материалдың Қюри температурасы, бөлме температура-сынан біршама жоғары ( $T_c =$ ) болғандығы өте маңызды. Бұның бәрі ұшынылып отырылған Co<sub>5</sub>Zn<sub>21</sub> интерметалиді негізіндеғі қөлемді материал спинтроникада қолданыс табады деген сенімге арқау болады. Бұған қоса қажет болған жағдайда Co<sub>5</sub>Zn<sub>21</sub> интерметалиді негізіндеғі үлгілерді жұқа қабықша ретінде жасау мүмкіндігі бар.

Поступила 22.05.2015 г.