

и просвечивающей электронной микроскопии [4]. Анализ температурной эволюции поля обменного смещения и коэрцитивной силы в пленках с различными толщинами слоев позволил получить количественную информацию о магнитной анизотропии антиферромагнетика Ni-Mn.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, проект № 19-72-00141.

1. Radu F, Zabel H, Magnetic Heterostructures, Berlin, Heidelberg: Springer, (2008).
2. Vansteenkiste A, Leliaert J, Dvornik M, Helsen M, Garcia-Sanchez F, Van Waeyenberge B, AIP advances, 4, 10, 107133 (2014).
3. De Clercq J, Vansteenkiste A, Abes M, Temst K, Van Waeyenberge B, J. Phys. D: Appl. Phys., 49, 43, 435001, (2016).
4. O'Grady K, Fernandez-Outon L E, Vallejo-Fernandez G, J. Magn. Magn. Mater., 322, 883–899, (2010).
5. Vas'kovskiy V O, Moskalev M E, Lepalovskij V N, Svalov A V, Larrañaga A, Balymov K G, Kulesh N A, J. All. Com., 777, 264-270, (2019).

СПИН-ПЕРЕОРИЕНТАЦИОННЫЙ ПЕРЕХОД И МАГНИТНАЯ АНИЗОТРОПИЯ СОЕДИНЕНИЙ $(\text{Fe}_{1\pm\Delta})_7\text{Se}_8$

Мозговых С.Н.¹, Акрамов Д.Ф.¹, Селезнева Н.В.¹, Баранов Н.В.^{1,2}

¹) Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, ИЕНиМ, г. Екатеринбург, Россия

²) Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия
E-mail: Stepan.Mozgovykh@urfu.ru

SPIN-REORIENTATION TRANSITION AND MAGNETIC ANISOTROPY OF $(\text{Fe}_{1\pm\Delta})_7\text{Se}_8$ COMPOUNDS

Mozgovykh S.N.¹, Akramov D.F.¹, Selezneva N.V.¹, Baranov N.V.^{1,2}

¹) Ural Federal University, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ekaterinburg, Russia

²) Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The single crystal of $(\text{Fe}_{1\pm\delta})_7\text{Se}_8$ have been synthesized and studied by means of X-ray diffraction, specific heat, thermal expansion and magnetization measurements. It has been found that a deviation from the 7:8 stoichiometry affects the spin reorientation transition and physical properties.

Соединение Fe_7Se_8 кристаллизуется в структурном типе NiAs. Физические свойства слоистых соединений с такой структурой зависят от замещений по обоим подрешеткам, а также от распределения вакансий в слоях и отклонений от стехиометрии. В соединении Fe_7Se_8 выявлены два магнитных фазовых перехода:

при $T_N \sim 450$ К наблюдается переход в ферромагнитное состояние, а при $T_{SR} \sim 120$ К – переход типа спиновой переориентации. Согласно данным нейтронографии, магнитные моменты железа упорядочены ферромагнитно внутри слоев, а взаимодействие между слоями является антиферромагнитным [1], однако, наличие вакансий приводит к неполной скомпенсированности магнитных моментов, что приводит к ферромагнетизму. Установлено, что изменения в распределении вакансий могут оказывать большое влияние на магнитное состояние атомов Fe и спин-переориентационный переход [2].

В настоящей работе выполнен синтез монокристаллов соединений $(Fe_{1\pm\delta})_7Se_8$ и проведено их исследование с целью изучить влияние нестехиометрии на физические свойства. Образцы были получены модифицированным методом Бриджмена в вакуумированных кварцевых ампулах, в стационарном температурном градиенте. Аттестация фазового состава проводилась на дифрактометре Bruker D8 Advance. Температурные и полевые зависимости намагниченности измерялись в температурном интервале 2 К – 380 К с помощью СКВИД-магнитометра MPMS (Quantum Design) в магнитных полях до 70 кЭ. Теплоёмкость измерялась на установке Quantum Design PPMS в температурном интервале 1.8 К – 300 К. Измерение теплоёмкости проводилось релаксационным методом. На dilatометре DL-1500 RHP компании ULVAC-SINKU RIKO (Япония) в интервале температур от 80 К до 600 К были проведены измерения теплового расширения.

Были получены температурные и полевые зависимости намагниченности образцов $(Fe_{1\pm\delta})_7Se_8$. Магнитные свойства изучались в разных направлениях, благодаря чему была установлена магнитная анизотропия и константы анизотропии. Установлено, что небольшое отклонение от состава 7:8 оказывает существенное влияние на температуру спиновой переориентации. Так, при $\delta=0.1$ получено значение $T_{SR} \approx 90$ К, т.е. почти на 30 К ниже, чем в Fe_7Se_8 . При этом температура магнитного упорядочения в нестехиометрическом соединении практически не изменилась по сравнению со стехиометрическим составом Fe_7Se_8 . Измерения теплового расширения и теплоёмкости, выполненные на образце $Fe_{6.9}Se_8$, не выявили никаких аномалий в области спин-переориентационного перехода в отличие от стехиометрического соединения Fe_7Se_8 , в котором такой переход сопровождался аномальным изменением физических свойств и гистерезисом характерным для фазовых переходов 1-го рода.

Полученные данные показывают, что для соединений типа Fe_7Se_8 характерна сильная структурная обусловленность их физических свойств. Обнаружено, что даже небольшое отклонение от стехиометрии и вызванное этим изменение в распределении вакансий, оказывает сильное влияние на переход спиновой переориентации и поведение физических свойств в области такого перехода.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № FEUZ-2020-0054)

1. Kawaminami M. Neutron diffraction study of Fe_7Se_8 II / M. Kawaminami, A. Okazaki // Journal of the Physical Society of Japan/ – 1970. – V. 29. – P. 649 – 655.

2. Lyubutin I. S. et al. Structural, magnetic, and electronic properties of iron selenide Fe₆-7Se₈ nanoparticles obtained by thermal decomposition in high-temperature organic solvents //The Journal of chemical physics. – 2014. – Т. 141. – №. 4. – С. 0447n selenide Fe₆-7Se₈ nanoparticles obtained by thermal decomposition in high-temperature organic solvents //The Journal of chemical physics. – 2014. – Т. 141. – №. 4. – С. 044704.0.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СОРБЦИИ ПРОДУКТОВ ВЫСТРЕЛА НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДНОЙ НАНОТРУБКИ

Назаренко А.К.¹, Кулиева Л.Э.¹, Борознина Е.В.², Галоян Д.М.³

¹) РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

²) ВолГУ, Волгоград, Россия

³) НИТУ МИСиС, Москва, Россия

E-mail: and.nazarenko2011@yandex.ru

THEORETICAL STUDIES OF THE PROCESS OF SORPTION OF THE SHOT PRODUCTS ON THE EXTERNAL SURFACE OF CARBON NANOTUBES

Nazarenko A.K.¹, Kulieva L.E.¹, Boroznina E.V.², Galoyan D.M.³

¹) D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

²) Volgograd State University, Volgograd, Russia

³) The National University of Science and Technology MISiS, Moscow, Russia

This paper presents the results of the study of the effect of structural modifications of carbon nanotubes on the surface adsorption of the main elements of the products of the shot of the traces of shot products. Carbon single-layer nanotubes of types (6,6), (3,6), (0,10) have been considered.

Для изучения процессов сорбции основных элементов следов продуктов выстрела (атомов алюминия, свинца и сурьмы) на поверхность углеродных нанотрубок было рассмотрено три структурных типа с различными граничными модификациями – «armchair» (6,6), «chiral» (3,6) и «zig-zag» (0,10). Расчеты проводились в рамках модели молекулярного кластера с использованием полуэмпирической схемы РМЗ. Моделирование процесса сорбции осуществлялось посредством пошагового приближения атомов металлов к внешней поверхности кластеров в трех положениях: 1) над атомом С гексагона УНТ; 2) над связью С-С гексагона УНТ; 3) над центром гексагона УНТ (рис.1).