

ниатюрные БТЭ продемонстрировали высокую удельную мощность и были успешно применены в качестве источников питания для носимых сенсоров, открывая путь к полностью автономным биомедицинским устройствам.

Работа частично выполнена при поддержке гранта министерства образования 20211250 и гранта города Сиань «Пояс и путь»

#### **Список использованных источников**

1. Wen, D., Eychmüller, A. Enzymatic Biofuel Cells on Porous Nanostructures. *Small* 2016.
2. Wen, D., et al. Gold Aerogels: Three-Dimensional Assembly of Nanoparticles and Their Use as Electrocatalytic Interfaces. *ACS Nano* 2016.
3. Исследование структур покрытия на основе Мо/кремниевой подложки для тонкопленочных ИК-излучателей /СМ Барайшук [и др.] //Ученые записки физического факультета Московского университета. œ Москва: МГУ им. МВ Ломоносова. – 2024. – С. 2410601-1.
4. Yuan, H., et al. Surface Hydrophobicity Engineering of Pt-Based Noble Metal Aerogels by Ionic Liquids toward Enhanced Electrocatalytic Oxygen Reduction. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2023.
5. Yao, B., et al. Pd-CoOx Nanocomposite Aerogels for Highly Efficient Methanol and Ethanol Oxidation. *Appl. Surf. Sci.* 2023.
6. Chen, Y., et al. Metal Hydrogel-Based Integrated Wearable Biofuel Cell for Self-Powered Epidural Sweat Biomarker Monitoring. *Adv. Funct. Mater.* 2024.

**УДК: 539.2: 537.9**

**Ткаченко Т.М., к.ф.-м.н., доцент,**

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск*

**Митюк В.И., к.ф.-м.н., ст.н.с.**

*НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, г. Минск*

#### **МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕРМОМАГНИТНЫХ ДАТЧИКОВ.**

**Введение.** Современная энергетики не только нуждается в альтернативных источниках энергии, но и в сбережении уже имеющейся энергии, что требует непрерывного поиска новых материалов. Один из вариантов снижения энергозатрат – контроль

температурных режимов. Для изготовления необходимых для таких применений термодатчиков используют магнитные материалы, обладающие магнитокалорическим эффектом. Так, к перспективным материалам, использование которых позволит снизить тепловые потери, относят пниктиды марганца. Система  $Mn_{2-x}Zn_xSb$ , в которой переход типа “порядок–порядок” наблюдается в районе 100 К, представляется полезной для практического использования. Целью данной работы стало исследование структурных, магнитных и магнитокалорических характеристик сплавов  $MnZnSb$  [1].

Образцы получали методом реакции в смешанной фазе в вакуумированных кварцевых ампулах. Использовались мелкодисперсные порошки марганца, цинка и сурьмы в рассчитанных на соответствующий состав количествах. Фазовый состав полученных сплавов исследовался при комнатной температуре методом рентгеноструктурного анализа с использованием  $CuK_{\alpha}$ -излучения. Были определены параметры элементарной кристаллической ячейки. Магнитные измерения проведены на поликристаллических образцах по индукционной методике на вибрационном магнитометре (VSM) фирмы Cryogenic Limited. Изотермическое изменение энтропии в области фазового перехода определялось косвенным методом по полевым зависимостям намагниченности через

Рентгенофазовый анализ показал, что в системе невозможно получить непрерывный ряд твердых растворов. Для исследований выбраны образцы  $Mn_{1.9}Zn_{0.1}Sb$  и  $Mn_{1.96}Zn_{0.04}Sb$ . Уже при  $x=0,1$  сплав  $Mn_{1.9}Zn_{0.1}Sb$  не является строго однофазным – он содержит небольшое количество ( $\approx 5...7\%$ ) гексагональной никель-арсенидной фазы. Основной состав сплава  $Mn_{1.9}Zn_{0.1}Sb$  при комнатной температуре имеет тетрагональную кристаллическую структуру типа  $Cu_2Sb$  (группа симметрии  $P4/nmm$ ) с параметрами кристаллической решетки  $a=4.082 \text{ \AA}$ ,  $c=6.522 \text{ \AA}$ .

Результаты магнитных измерений представлены на рис.1.

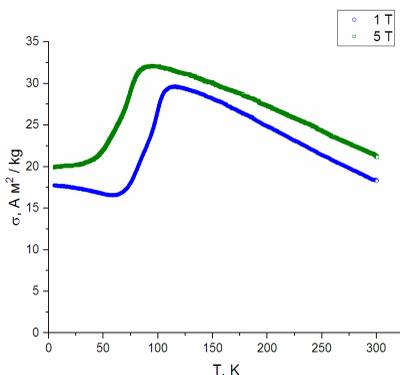


Рис.1. Температурная зависимость намагнитченности сплава  $Mn_{1.9}Zn_{0.1}Sb$  в разных магнитных полях

Видно, что при наложении магнитного поля от 1 до 5 Тл чувствительность характерных температур фазового перехода составляет 5.6 К/Тл, что является высоким значением по сравнению с известными сплавами, обладающими обратным магнитокалорическим эффектом. При изотермическом намагничивании законченный фазовый переход индуцируется в магнитном поле порядка 6.5 Тл, что также является значением сопоставимым с аналогом для материалов данного класса.

Магнитокалорические характеристики исследуемого материала определяли по набору изотермических кривых намагничивания через соотношение Максвелла

$$\frac{\partial S}{\partial B} = \frac{\partial M}{\partial T}$$

Определенная таким образом температурная зависимость изменения магнитной энтропии в сплаве  $Mn_{1.9}Zn_{0.1}Sb$  приведена на рис. 2. Максимальное значение изменения магнитной энтропии наблюдается при температуре  $\sim 70$  К.

Таким образом, при изменении индукции магнитного поля от 0 до 8 Тесла максимальное изменение магнитной энтропии для сплава  $Mn_{1.9}Zn_{0.1}Sb$  составляет  $\sim 2$  Дж/кг·К.

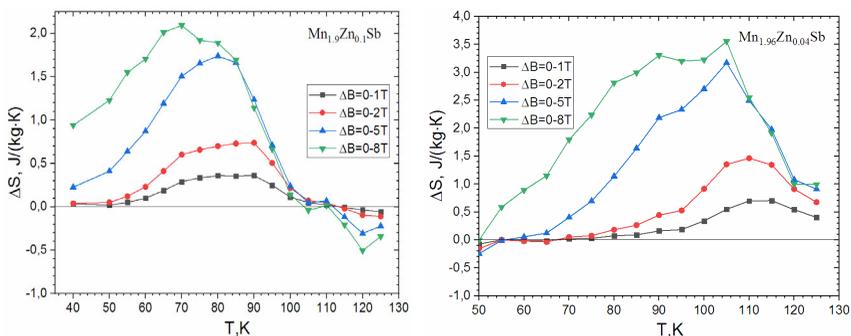


Рис. 2. Температурная зависимость изменения магнитной энтропии цинксодержащих пниктидов при различном изменении индукции магнитного поля

### Список использованных источников

1. Magnetocaloric Effect of Zn-Containing Manganese Pnictides / V. I. Mityuk, A. L. Zheludkevich, V. I. Val'kov, A. V. Golovchan, A. V. Mashirov, S. G. Anikeev, T. Pikulae and T. M. Tkachenko. // *Physics of Metals and Metallography*, 2024, Vol. 125, No. 14, pp. 1832–1838. © Pleiades Publishing, Ltd., 2024. ISSN 0031-918X.

УДК 62-784.3

Бондарчук О.В., к.т.н., Шкарупа М.Р., студент,  
Фроленко М.К., студент

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск*

## ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ И УСТРОЙСТВ, СНИЖАЮЩИХ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Защита человека от электромагнитных полей (ЭМП) является актуальной задачей гигиены и инженерной экологии. Защита человека от электромагнитных полей (ЭМП) включает комплекс мер, направленных на минимизацию воздействия излучения, которое превышает предельно допустимые уровни (ПДУ), установленные санитарными нормами.

Методы эффективного экранирования для электрической (E) и магнитной (H) составляющих различаются, а также значительно зависят от частоты источника (низкочастотное НЧ или высокочас-