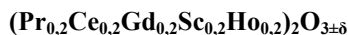


ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОЙ ОКСИДНОЙ СИСТЕМЫ

И.В. Амеличкин^{1,2}, В.О. Марченко², П.В. Меньшов^{1,2}Научные руководители: доцент, к.б.н. А.С. Сачкова², к.х.н. Р.А. Нефедов¹¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,

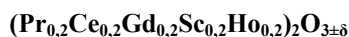
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: amelichkinivan@gmail.com

PREPARATION AND PROPERTIES OF HIGH-ENTROPY OXIDE SYSTEM

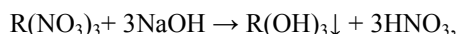
I.V. Amelichkin^{1,2}, V.O. Marchenko², P.V. Menshov^{1,2}Scientific Supervisors: Ph.D., A.S. Sachkova², Ph.D., R.A. Nefedov¹¹National Research Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 36, 634050²National Research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30, 634050

E-mail: amelichkinivan@gmail.com

Abstract. In this paper, we synthesized high-entropy oxide system $(\text{Pr}_{0,2}\text{Ce}_{0,2}\text{Gd}_{0,2}\text{Sc}_{0,2}\text{Ho}_{0,2})_2\text{O}_{3\pm\delta}$ by precipitation of hydroxides from REE nitrates aqueous solutions and annealing the mixture at 800 °C. The phase composition, structure, and surface morphology of the obtained powders were established by scanning electron microscopy and X-ray phase analysis methods.

Введение. Высокоэнтропийные оксидные системы (ВЭОС) – системы, содержащие более трех компонентов с равномерным распределением ионов в кристаллической решетке, для которых характерны повышенные значения энтропии смешения [1-4]. Целью работы являлось получение и исследование свойств ВЭОС $(\text{Pr}_{0,2}\text{Ce}_{0,2}\text{Gd}_{0,2}\text{Sc}_{0,2}\text{Ho}_{0,2})_2\text{O}_{3\pm\delta}$.

Экспериментальная часть. Синтез ВЭОС $(\text{Pr}_{0,2}\text{Ce}_{0,2}\text{Gd}_{0,2}\text{Sc}_{0,2}\text{Ho}_{0,2})_2\text{O}_{3\pm\delta}$. Растворы нитратов РЗЭ смешивали в равном мольном соотношении на магнитной мешалке в течение часа. Полученную смесь осаждали 0,05 молярным раствором NaOH. Процесс осаждения в общем виде описывается химической реакцией:



где R = Pr, Ce, Gd, Sc, Ho.

Необходимый объем NaOH рассчитывали по максимальному значению pH осаждения раствора нитратов РЗЭ в системе (pH осаждения $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 = 7,6$ [5]). Гелеобразную смесь гидроксидов РЗЭ промывали дистиллированной водой в объеме 500 мл. Присутствие нитрат-ионов определяли с помощью качественной реакции с дифениламином. Полученный осадок отфильтровывали на вакуумной воронке Бюхнера. Затем высушивали в сушильных шкафах при температуре 70 °C в течение 12 часов и отжигали в печах при температуре 800 °C в течение 1 часа. Методом рентгенофазового анализа (РФА),

«Дифрактометр ДРОН-3М» и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) «QUANTA 200 3D FEI» с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа выполнены исследования фазового состава. Магнитные свойства исследовали на индукционном магнитометре «НВ1200.4Б».

Результаты. На рисунке 1 представлена рентгенограмма полученной ВЭОС ($Pr_{0,2}Ce_{0,2}Gd_{0,2}Sc_{0,2}Ho_{0,2})_2O_{3\pm\delta}$. Анализ рентгенограммы показал, что исследуемый материал содержит одну кубическую кристаллическую фазу – типа CeO_2 . Это свидетельствует об упаковке оксидов РЗЭ в одной кристаллической решетке.

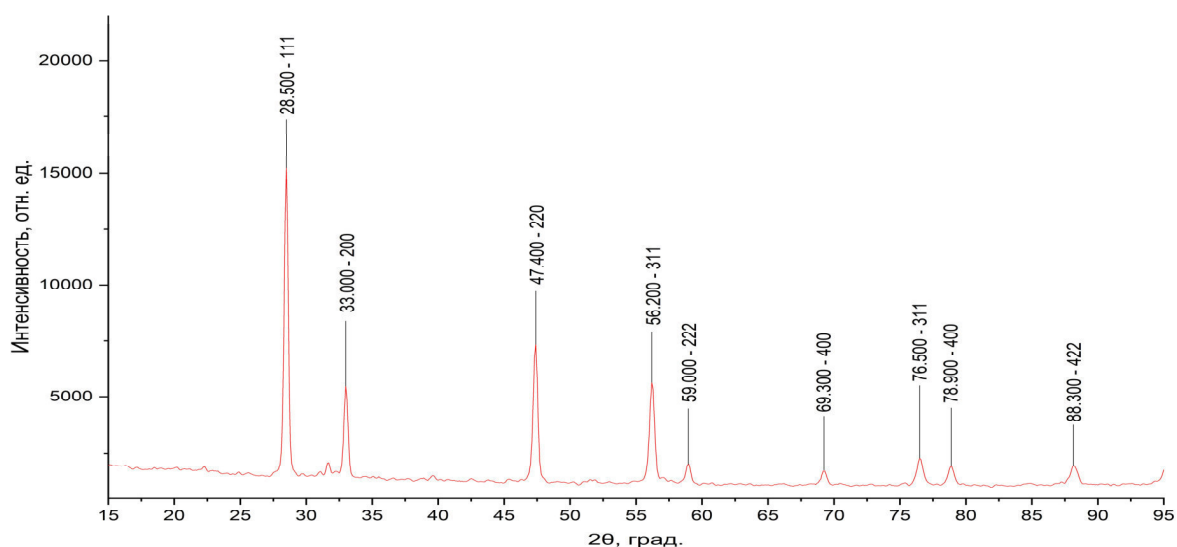


Рис. 1. Рентгенограмма системы ВЭОС ($Pr_{0,2}Ce_{0,2}Gd_{0,2}Sc_{0,2}Ho_{0,2})_2O_{3\pm\delta}$

По данным СЭМ, можно отметить, что исследуемый образец представляет собой рыхлый порошок с развитой поверхностью, состоящей из агломератов сферических и овальных частиц неправильной формы (рис. 2 а). Результаты рентгеновского энергодисперсионного микроанализа показали, что все РЗЭ в системе ВЭОС ($Pr_{0,2}Ce_{0,2}Gd_{0,2}Sc_{0,2}Ho_{0,2})_2O_{3\pm\delta}$ равномерно распределяются по поверхности образца (рис. 2).

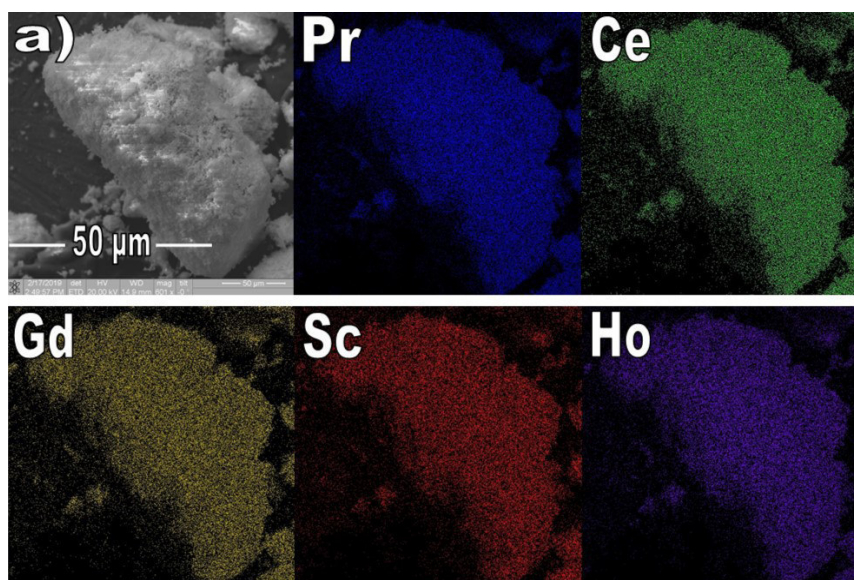


Рис. 2. СЭМ изображение морфологии (а) и карты распределения элементов по поверхности образца

Оценку магнитных свойств проводили по кривым намагниченности (рис. 3).

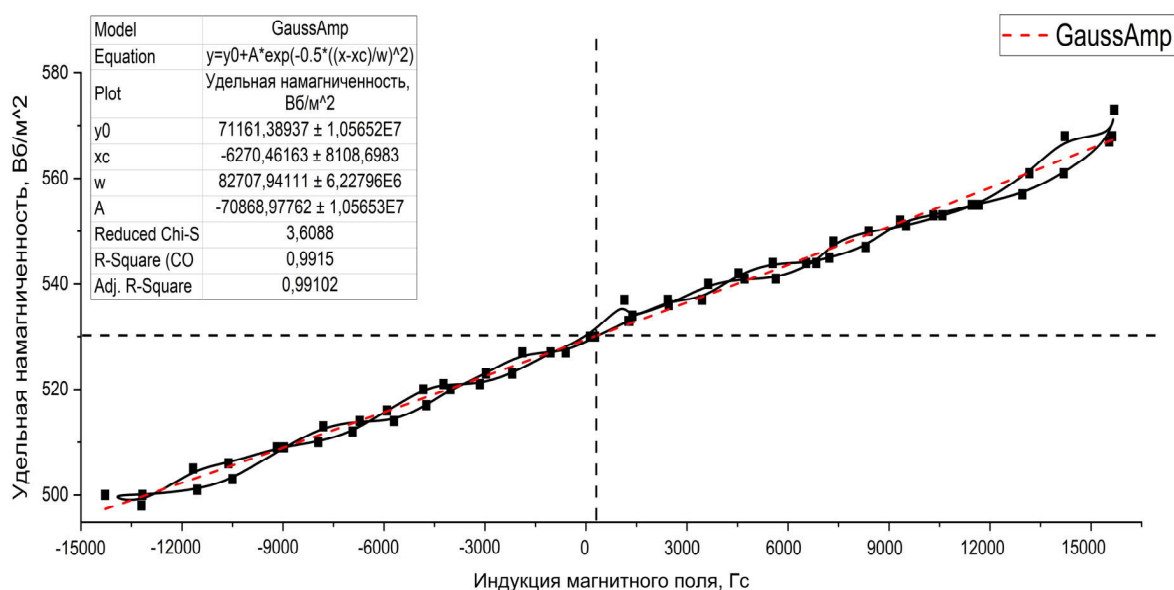


Рис. 3. Кривая намагниченности ВЭОС $(Pr_{0,2}Ce_{0,2}Gd_{0,2}Sc_{0,2}Ho_{0,2})_2O_{3\pm\delta}$

Рисунок 3 демонстрирует, что полученный образец ВЭОС $(Pr_{0,2}Ce_{0,2}Gd_{0,2}Sc_{0,2}Ho_{0,2})_2O_{3\pm\delta}$ проявляет парамагнитные свойства.

Закключение. Экспериментально получена ВЭОС $(Pr_{0,2}Ce_{0,2}Gd_{0,2}Sc_{0,2}Ho_{0,2})_2O_{3\pm\delta}$ с равномерным распределением оксидов РЗЭ по поверхности образца. В результате проведенных исследований выявлено, оксиды в ВЭОС $(Pr_{0,2}Ce_{0,2}Gd_{0,2}Sc_{0,2}Ho_{0,2})_2O_{3\pm\delta}$ упакованы в одной кристаллической решетке. Исследования магнитных свойств показало, что ВЭОС $(Pr_{0,2}Ce_{0,2}Gd_{0,2}Sc_{0,2}Ho_{0,2})_2O_{3\pm\delta}$ являются парамагнетиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Christina M., Sachet E., Borman T., Diskey E.C. et al. // Nature Communication, 2015. P. 1–8.
2. Murty B.S., Yeh J.W., Ranganathan S. High-entropy alloys. London: Butterworth-Heinemann; 2014. P. 1–218.
3. Yeh J.W., Chen S.K., Lin S.J., et al. Nanostructured high-entropy alloys with multiple principal elements: novel alloy design concepts and outcomes. Adv. Eng. Mater. 2004. №6. P. 299–303.
4. Zhang Y., Zuo T.T., Tang Z., et al. Microstructures and properties of high-entropy alloys. Prog. Mater. Sci. 2014. №61. P. 1–93.
5. Химия и технология редких и рассеянных элементов, ч. II. Под ред. К. А. Большакова. Учеб. пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: "Высшая школа", 1976. С. 108.