

BaFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и 3 слоя Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 1 слой BaFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. После нанесения полученная гетероструктура подвергалась термообработке в диапазоне температур 1000 – 1150<sup>0</sup>С. Толщина таких пленок BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> в зависимости от соотношения слоев 2:1 и 3:1 составляла 135 и 180 мкм соответственно. При помощи рентгенофазового анализа установлено, что пленки BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> образуются при всех исследуемых температурах обжига гетероструктур BaFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/ситалл. Вместе с тем, для всех случаев пленка, наряду с фазой BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>, содержала еще фазу α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а для некоторых температур обжига и фазу BaFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Помимо фазового состава пленок были изучены их магнитные и электрические свойства. Зависимость намагниченности насыщения от величины приложенного в плоскости пленки напряженности магнитного поля показывает, что их коэрцитивная сила изменяется в пределах от 500 до 1800 Э. Характер изменения кривизны кривых удельного электросопротивления от температуры свидетельствует о полупроводниковых свойствах пленок гексаферрита бария. Установлено, что оптимальной для толщины слоев BaFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> является величина, лежащая между значениями соотношения слоев 1:3 и 1:2, так как в первом случае в пленке наряду с фазой BaFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> содержится фаза α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а во втором случае – фаза BaFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

#### Литература

1. Speliotis D.E. // IEEE Trans. Magn. – 1989. – №25. – P. 4048-4051.
2. Yamamoto S., Nakamura Y., Iwasaki S. // IEEE Trans. Magn. – 1987. - №23. – 2070 p.
3. Honda S., Ouchi K., Iwasaki S. // J. Appl. Phys. – 1994. - №75. – P. 5484.

## КИНЕТИКА ОБРАЗОВАНИЯ ГЕКСАФЕРРИТА СТРОНЦИЯ SrFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub>.

*С.В. Смоленчук*

Научные руководители – д.х.н., профессор *Л.А. Башкиров*, д.х.н. *В.В. Паньков*  
*Белорусский государственный технологический университет*

В настоящее время твердофазный синтез гексаферрита стронция – широко используемого керамического материала для постоянных магнитов – изучен явно недостаточно. В то же время разработка оптимальных способов получения подобных сложнооксидных материалов требует детального исследования кинетики и механизма их образования.

Известно, что реакция образования SrFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> из карбоната стронция и оксида железа (III) протекает в две стадии, причем в качестве промежуточных продуктов в литературе приводятся различные соединения: SrFeO<sub>3-x</sub> (x=0-0,5), SrFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Sr<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Целью настоящей работы является изучение кинетики твердофазного взаимодействия SrFeO<sub>3-x</sub> и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, приводящего к образованию гексаферрита стронция:



Соединение SrFeO<sub>3-x</sub> синтезировали путем 4-часового отжига при температуре 1273 К стехиометрической смеси Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и SrCO<sub>3</sub>. Изотермический обжиг на воздухе таблеток смеси (SrFeO<sub>3-x</sub> + 5,5 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) проводили при температурах 1073, 1123, 1223 К в течение 5, 10, 15, 30, 90, 120, 240 мин, после чего их быстро охлаждали на воздухе. Рентгенофазовый анализ исходной смеси и образцов, обожженных при определенной температуре в течение заданного времени, проводили в излучении CoK<sub>α</sub> на дифрактометре ДРОН-3. Количество образовавшейся магнитной фазы гексаферрита стронция определяли по высоте рентгеновских рефлексов, а также по величине удельной намагниченности насыщения σ<sub>20</sub>, измеренной при комнатной температуре методом Фарадея. Температуру Кюри образовавшейся в ходе твердофазного взаимодействия ферромагнитной фазы определяли по кривой температурной зависимости удельной намагниченности насыщения. По виду этой кривой качественно судили об однородности по составу образовавшейся фазы гексаферрита стронция.

Анализ рентгенограмм показал, что при обжиге смеси SrFeO<sub>3-x</sub> + 5,5 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в течение 5 мин при 1123 К на дифрактограмме отсутствуют даже самые интенсивные пики феррита стронция гексагональной структуры. Однако при нагреве смеси в течение 10 мин на дифрактограмме появляются линии гексаферрита стронция, и их интенсивность постепенно увеличивается при увеличении времени взаимодействия. На дифрактограмме смеси SrFeO<sub>3-x</sub> +

5,5 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, обожженной при 1223 К в течение 5 мин уже присутствуют пики феррита стронция гексагональной структуры и далее их интенсивность увеличивается. При этом интенсивность рентгеновских пиков α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и SrFeO<sub>3-x</sub> постепенно уменьшается, однако даже при самой большой выдержке обжига 4 ч фазы α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и SrFeO<sub>3-x</sub> полностью не исчезают. Для увеличения степени реагирования можно увеличить время обжига или температуру обжига. На дифрактограмме смеси SrFeO<sub>3-x</sub> + 5,5 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, обожженной при 1473 К в течение 4 ч уже не наблюдается фаз исходных веществ.

Температурные зависимости удельной намагниченности насыщения смеси SrFeO<sub>3-x</sub> + 5,5 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, обожженной при 1223 К в течение 30 мин и 4 ч, показывают, что образующаяся ферромагнитная фаза имеет температуру Кюри 703 К. По литературным данным температура Кюри феррита стронция SrFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> равна 713 К. Удельная намагниченность насыщения при этом возрастает от 18,8 Гс·см<sup>3</sup>/г для смеси, обожженной при 1223 К в течение 5 мин, до 39,6 Гс·см<sup>3</sup>/г после обжига при этой температуре в течение 4 ч.

#### Литература

1. Ткаченко Е.В., Бушкова О.В. Синтез SrFe<sub>12</sub>O<sub>19</sub> в реакциях твердофазного взаимодействия // ЖИХ.-1989. – Т.34, Вып. 3. – С.587-590.

## ПОЛУЧЕНИЕ КОРДИЕРИТОВОЙ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩЕЙ ТЕРМОСТОЙКОЙ КЕРАМИКИ

*Н.В. Смольская*

Научный руководитель – к.т.н., доцент *Е.М. Дятлова*  
*Белорусский государственный технологический университет*

В настоящее время в новых отраслях высокотемпературной техники применяется большого количества разнообразных конструкционных материалов, способных работать в современных установках в условиях резких температурных перепадов и термоудара, не разрушаясь при этом и сохраняя высокие показатели механических, электро- и теплофизических свойств. Разработка и получение таких материалов диктуется потребностью машиностроения, электроники, огнеупорной и химической промышленности. При этом ставятся задачи импортозамещения деталей из технической керамики, связанные с экономией валютных средств.

Одним из основных факторов, определяющих стойкость материалов к термоудару, является величина его температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР).

Среди большого разнообразия видов технической керамики кордиеритовая занимает одно из ведущих положений как обладающая, наряду с малым температурным коэффициентом линейного расширения, высокими термомеханическими свойствами.

Известно, что в структуру кордиерита эквивалентно вместо катионов магния могут войти равнозарядные катионы, такие как Fe<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> и др. Поэтому целью настоящего исследования являлось изучение влияния оксида марганца на структурообразование, процесс спекания и термические свойства синтезируемой керамики.

За основу был взят ранее разработанный состав кордиеритовой керамики системы, имеющий значения ТКЛР  $10,4 \cdot 10^{-7} \text{ К}^{-1}$ .

Оксид марганца вводился как в виде оксидов марганца (MnO, Mn<sub>2</sub>O), так и в виде предварительно синтезированного соединения (MnTiO<sub>3</sub>) - пирофанита, имеющего температуру плавления свыше 1400 °С.

Синтез керамических образцов осуществлялся по традиционной технологии, включающей подготовку сырьевых материалов, их дозировку, перемешивание, гранулирование и спекание. В случае введения предварительно синтезированного пирофанита спек измельчался и добавлялся в массу в заданных количествах.

Из керамических марганецсодержащих композиций были изготовлены методом полусухого прессования образцы в виде дисков и палочек, которые спекались при температурах 1000 - 1200 °С с числом варьирования 50 °С.