

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ НА ФАЗООБРАЗОВАНИЕ ГЕКСАФЕРРИТА БАРИЯ

*Д.А. Винник, М.Ф. Гафаров, К.П. Павлова,
Л.С. Машковцева, А.С. Чернуха, В.Е. Живулин,
Д.Е. Живулин, Д.М. Галимов, Ф.В. Подгорнов, Д.А. Жеребцов*

Проведено исследование влияния давления прессования на образование гексаферрита бария при спекании на воздухе при температуре 1350 °С. Проведено исследование плотности образцов. Установлено оптимальное давление прессования.

Ключевые слова: феррит бария, твердофазный синтез, магнитные материалы.

Введение

Гексаферрит бария – первое соединение среди гексагональных ферритов, получившее широкое применение. Особая гексагональная структура гексаферрита бария позволяет проводить изоморфные замещения [1]. В связи с этим, исследование системы $BaFe_{12}O_{19}$ представляет большой интерес, поскольку замещение части ионов бария или железа различными легирующими элементами, например, титаном, алюминием, стронцием, позволяют изменять магнитные свойства матрицы, увеличивать или уменьшать частоты ферромагнитного резонанса [2]. Такие вещества могут быть использованы в электротехнических изделиях различного назначения. Например, в устройствах записи и воспроизведения звука, в устройствах накопления информации. Особенности гексаферрита бария является высокая химическая стабильность и одноосная магнитная анизотропия, что делает возможным применение данного материала в электронике [3, 4].

Ферриты бария получают методом соосаждения [5, 6], синтезом микроэмульсий [7, 8], гидротермальными реакциями [9, 10], золь-гель технологиями [11, 12]. Авторами ранее был опубликован цикл статей о получении и исследовании свойств как чистых, так и частично замещенных монокристаллов гексаферрита бария из раствора [13, 14].

Целью данной работы является исследование процесса образования $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ при твердофазном спекании в зависимости от давления прессования образцов перед спеканием.

Экспериментальная часть

В качестве исходных веществ использовались оксид железа (III) (гематит) и карбонат бария (BaCO_3) чистотой не менее 99,5 %. Состав шихты соответствовал стехиометрическим соотношениям вещества $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ и составлял: Fe_2O_3 – 82,9216 мас. %, BaCO_3 – 17,0784 мас. %. Исходные компоненты перетирали в агатовой ступе в течение 1 часа. После предварительного спекания при температуре 1100 °С в фарфоровых тиглях навески шихты (0,3 г) прессовали с различным усилием и спекали при температуре 1350 °С в течение 1 часа. Спекание проводилось в горизонтальной трубчатой печи с карбидкремниевыми нагревателями типа КЭН–А. Максимально возможная температура в печи составляет 1450 °С.

Состав спеченных образцов исследовали с помощью растрового электронного микроскопа JEOL JSM7001F с энергодисперсионным спектрометром Oxford INCA X-max 80. Химический состав определяли по десяти микроучасткам образцов, спеченным при минимальном и максимальном давлениях прессования (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав образцов гексаферрита бария

№	O	Fe	Ba	Fe/Ba
	ат. %			
1	63,2	33,76	3,04	11,11
8	64,31	32,75	2,94	11,14

Исследования химического состава и поверхности образцов, спрессованных при различных давлениях, не выявили значительных отличий.

До и после спекания были проведены измерения массы и размеров таблеток, на основе чего рассчитаны значения плотности (в предположении идеальной цилиндрической формы таблеток). Результаты расчетов приведены в табл. 2. На рис. 1 представлены графики зависимости плотности образцов до и после спекания от номинального давления прессования (по манометру ручного пресса).

Таблица 2
Геометрические размеры и плотность образцов ВаFe₁₂O₁₉
до и после спекания

№	P, кгс/см ²	До спекания				После спекания			
		m, г	d, мм	h, мм	ρ, г/см ³	m, г	d, мм	h, мм	ρ, г/см ³
1	37,5	0,312	5,025	4,598	3,418	0,310	4,675	4,280	4,214
2	50	0,313	5,025	4,482	3,525	0,312	4,692	4,187	4,305
3	60	0,314	5,025	4,415	3,589	0,313	4,683	4,127	4,398
4	70	0,314	5,025	4,332	3,659	0,313	4,707	4,068	4,418
5	80	0,313	5,025	4,258	3,710	0,312	4,709	4,004	4,471
6	90	0,315	5,025	4,193	3,781	0,312	4,745	3,967	4,448
7	100	0,314	5,025	4,134	3,825	0,312	4,751	3,950	4,455
8	110	0,313	5,025	4,088	3,865	0,312	4,773	3,918	4,447

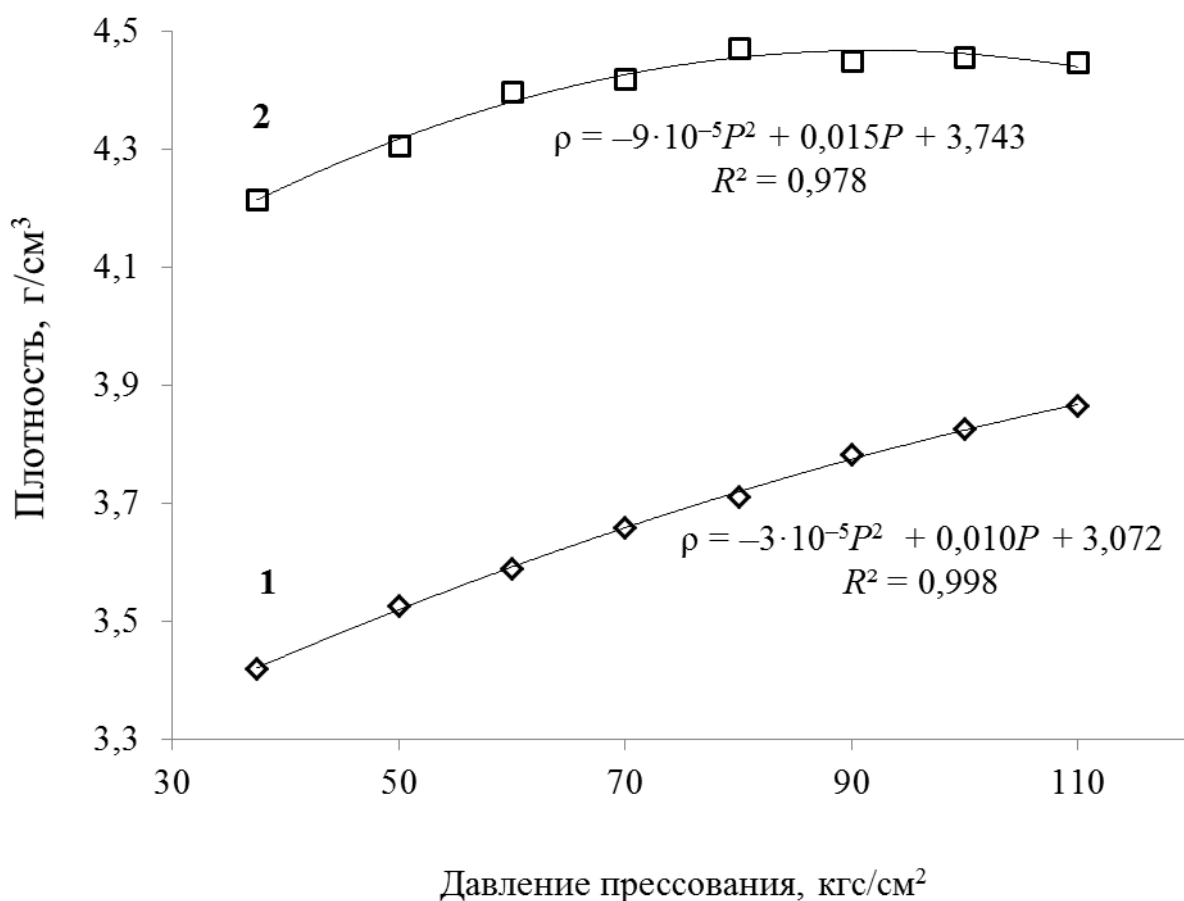


График зависимости плотности образцов до (1) и после (2) спекания
от давления прессования

Выводы

В результате проведенного исследования установлено увеличение плотности образцов при спекании. Причем значение плотности образцов до спекания прямо пропорционально прилагаемому давлению, тогда как в образцах после спекания на графике наблюдается некоторый экстремум функции, после которого не происходит увеличение плотности образцов при увеличении давления. Оптимальное давление прессования образцов гексаферрита бария составляет приблизительно 80 кгс/см^2 .

Библиографический список

1. Gairola, S.P. Modified composition of barium ferrite to act as microwave absorber in X-band frequencies / S.P. Gairola, V. Verma, A. Singh, L.P. Purohit, R.K. Kotnala // *Solid State Communications*. – 2010. – Vol. 150. – Pp. 147–151.
2. Aguilar-González, M.A. Synthesis and characterization of barium ferrite – silica nanocomposites / M.A. Aguilar-González, G.Mendoza-Suárez, K.P. Padmasree // *Materials Characterization*. – 2013. – Vol. 84. – Pp. 175–181.
3. Qiu, J. Crystal structure and magnetic properties of barium ferrite synthesized using GSPC and HEBM / J. Qiu, M. Gu // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2005. – Vol. 415. – Pp. 209–212.
4. Xu, P. Effect of stoichiometry on the phase formation and magnetic properties BaFe₁₂O₁₉ nanoparticles by reverse micelle technique / P. Xu, X. Han, H. Zhao et al // *Materials Letters*. – 2008. – Vol. 62. – Pp. 1305–1308.
5. Shams, R.A. Structural, magnetic and microwave absorption properties of doped Ba– hexaferrite nanoparticles synthesized by co– precipitation method / R.A. Shams, M. Moradi, M. Rostami, H. Nikmanesh, R. Moayedi, Y. Bai // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2015. – Vol. 381. – Pp. 1–9.
6. E. Aydogan. Morphology and magnetic properties of barium hexaferrite ceramics synthesized in x wt% NaCl – (100 – x) wt% KCl molten salts / E. Aydogan, S. Kaya, F. Dericioglu // *Ceramics International*. – 2014. – Vol. 40. – Pp. 2331–2336.
7. Manikandan, M. Effect of high energy milling on the synthesis temperature, magnetic and electrical properties of barium hexagonal ferrite / M. Manikandan, C. Venkateswaran // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2014. – Vol. 358–359. – Pp. 82–86.
8. Drofenik, M. The hydrothermal synthesis of super– paramagnetic barium hexaferrite particles / M. Drofenik, I. Ban, D. Makovec, A. Žnidaršič, Z. Jagličić, D. Hanžel, D. Lisjak // *Materials Chemistry and Physics*. – 2011. – Vol. 127. – Pp. 415–419.
9. Tudorache, F. Electrical properties and humidity sensor characteristics of lead hydroxyapatite material / F. Tudorache, I. Petrila, K. Popa, A.M. Catargiu // *Applied Surface Science*. – 2014. – Vol. 303. – Pp. 175–179.
10. Abbas, W. Structural and magnetic behavior of Pr – substituted M – type hexagonal ferrites synthesized by sol–gel autocombustion for a variety of applications / W. Abbas, I. Ahmad, M. Kanwal, G. Murtaza, I. Ali, M.A. Khan, M.N. Akhtar, M. Ahmad // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2015. – Vol. 374. – Pp. 187–191.

11. Aguilar–González, M.A. Synthesis and characterization of barium ferrite–silica nanocomposites / M.A. Aguilar – González, G. Mendoza– Suárez, K.P. Padmasree // *Materials Characterization*. – 2013. – Vol. 74. – Pp. 175–181.

12. Limin, D. Synthesis of hexagonal barium ferrite nanoparticle by sol-gel method / D. Limin, Z. Han, Y. Zhang, Z. Wu, X. Zhang // *Rare Metals*. – 2006. – Vol. 25. – Pp. 605–608.

13. Машковцева, Л.С. Получение кристаллов феррита бария из раствора / Л.С. Машковцева, Д.А. Винник, Д.А. Жеребцов, В.В. Дьячук, Г.Г. Михайлов // *Вестник ЮУрГУ*. – 2011. – № 36. – С. 41–44.

14. Vinnik, D.A. Growth, structural and magnetic characterization of Al– substituted barium hexaferrite single crystals / D.A. Vinnik, D.A. Zherebtsov, L.S. Mashkovtseva, S. Nemrava, M. Bischoff, N.S. Perov, A.S. Semisalova, I.V. Krivtsov, L.I. Isaenko, G.G. Mikhailov, R. Niewa // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2014. – Vol. 615. – Pp. 1043–1046.