

Б.К. КАСЕНОВ*, Е.С. МУСТАФИН**,
Ш.Б. КАСЕНОВА*, Ж.И. САГИНТАЕВА*, С.Ж. ДАВРЕНБЕКОВ*,
А.Ж. АБИЛЬДАЕВА*, С.М. СЕРГАЗИНА***

СИНТЕЗ И РЕНТГЕНОГРАФИЯ ДВОЙНЫХ ФЕРРИТОВ $GdMeFe_2O_5$ (Me – Na, K)

* ДГП «Химико-металлургический институт» им. Ж. Абишева
РГП «НЦ КПМС РК», Республика Казахстан, г. Караганда

** Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, г. Караганда,

*** Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова, г. Кокшетау

Методом керамической технологии из оксидов гадолиния (III) и железа (III) и карбонатов натрия и калия синтезированы ферриты состава $GdMeFe_2O_5$ (Me – Na, K). Установлено, что они кристаллизуются в ромбической сингонии со следующими параметрами решетки: $GdNaFe_2O_5$ – $a=10,72$, $b=10,91$, $c=15,10\text{\AA}$, $V=1766,0\text{\AA}^3$, $V_{\text{эл.яч.}}=110,3\text{\AA}^3$, $Z=16$, $\rho_{\text{рент.}}=5,59$, $\rho_{\text{никн.}}=5,43\pm0,16\text{г/см}^3$; $GdKFe_2O_5$ – $a=11,17$, $b=10,90$; $c=15,80\text{\AA}$, $V=1923,69\text{\AA}^3$, $V_{\text{эл.яч.}}=120,2\text{\AA}^3$, $Z=16$, $\rho_{\text{рент.}}=5,35$, $\rho_{\text{никн.}}=5,23\pm0,12\text{г/см}^3$.

Оксидные соединения редкоземельных элементов (РЗЭ) весьма перспективны для новейших средств информатики, микро- и оптоэлектроники, вычислительной, лазерной и других отраслей техники представляют интерес для микро- и оптоэлектроники, вычислительной, лазерной и других отраслей техники [1]. Первые полупроводниковые материалы, нашедшие применение в промышленности, термочувствительные датчики и первые твердофазные лазеры все они являются оксидами.

Важное место среди этих материалов особая роль принадлежит ферритам, представляющим собой соединения оксида железа (III) с оксидами других металлов, обладающих уникальным сочетанием магнитных, электрических и других свойств.

Анализ литературных данных показывает, что наиболее исследованными из ферритов РЗЭ являются ортоферриты $RFeO_3$, которые кристаллизуются в структуре ромбического перовскита и ферриты-гранаты $R_3Fe_5O_{12}$ [2]. Установлено, что $RFeO_3$ обладает важными электрическими и магнитными свойствами, которые превосходят аналогичные показатели соответствующих оксидов РЗЭ. Ферритам-гранатам характерны ферромагнитные свойства материалов, которые обладают близкими температурами Кюри [2].

Следует отметить, что нами в литературе не обнаружены сведения о двойных ферритах, где дорогостоящие РЗЭ частично заменяются более дешевыми металлами, такими как щелочные и щелочноземельные. Получение таких ферритов, которые также обладают аналогичными электрическими и магнитными свойствами, являлось бы более экономичным и доступным.

В связи с вышеизложенным, в данной работе приведены результаты синтеза и рентгенографического исследования новых ферритов состава $GdMeFe_2O_5$, где Me – Na, K.

Исходными веществами для синтеза ферритов являлись Gd_2O_3 марки «ос.ч», Fe_2O_3 , карбонаты натрия и калия квалификации «ч.д.а.». Стехиометрические количества указанных соединений тщательно перемешивались, перетирались и были подвергнуты твердофазному отжигу при 1200–1500° С в течение 20 часов. Для получения равновесного низкотемпературного состояния образовавшихся соединений проведена термообработка при 400° С также в течение 20 часов. Полнота прохождения реакций контролировалась рентгенофазовым анализом продуктов, в однофазных образцах которых отсутствовали дифракционные линии исходных фаз и измерением веса исходных смесей и образовавшихся фаз. Убыль веса в результате реакций соответствует понижению массы смеси, происходящей только за счет выделенного углекислого газа в результате химической реакции.

Рентгенофазовый анализ синтезированных соединений проводили на установке ДРОН – 2,0 с использованием CuK_α – излучения, отфильтрованного Mn-фильтром. Интенсивность дифракционных максимумов оценивали по шкале сто баллов.

В дальнейшем рентгенограммы исследуемых ферритов были проиндцированы методом гомологии [3]. Гомологом служил искаженный структурный тип перовскита $Pm\bar{3}m$.

Пикнometрическую плотность ферритов определяли по методике [4]. Индифферентной жидкостью служил толуол. Плотность каждого феррита измерялись 4-5 раз и данные усреднялись. Удовлетворительное согласие опытных и расчетных значений $10^4/d^2$, а также пикнометрических и рентгеновских плотностей показывает достоверность и корректность результатов индицирования.

Ниже в таблице приведены результаты индицирования рентгенограмм исследуемых ферритов.

Таблица. Индицирование рентгенограмм порошков ферритов

I/I_0	$d, \text{\AA}$	$10^4/d^2_{\text{эксп.}}$	hkl	$10^4/d^2_{\text{выч.}}$
1	2	3	4	5
		GdNaFe ₂ O ₅		
4	4,4404	507	022	513
5	4,2898	543	202	525
2	4,0040	624	212	611
20	3,8479	675	220	686
2	3,6826	737	203	746
18	3,4512	840	130	846
8	3,0212	1096	203	1108
12	2,8321	1247	133	1243
16	2,8053	1271	313	1267
100	2,7278	1344	040	1349
22	2,6810	1391	400	1397
23	2,6336	1442	401	1441
3	2,5419	1548	330	1545
4	2,5101	1587	006	1587
7	2,3006	1889	305	1888
7	2,2649	1949	333	1943
12	2,1940	2077	243	2095
7	2,1336	2197	150	2194
2	2,0838	2303	511	2311
2	2,0139	2465	250	2456
22	1,9373	2664	513	2664
14	1,9171	2721	440	2746
10	1,8890	2802	008	2821
14	1,8753	2843	344	2840
3	1,7857	3136	336	3132
21	1,7189	3384	260	3383
4	1,6973	3471	620	3481
8	1,6681	3594	354	3598
8	1,6021	3860	516	3854
8	1,5822	3994	362	3996
24	1,5547	4137	632	4139
8	1,5442	4194	624	4186
2	1,5133	4366	710	4363
4	1,4869	4523	271	4523
11	1,4533	4735	3.0.10	4745
3	1,4203	4957	371	4960
2	1,3795	5255	561	5261
11	1,3616	5394	080	5394
2	1,3376	5589	800	5589
2	1,3159	5775	2.1.11.	5768
2	1,2786	6117	637	6123
7	1,2720	6181	380	6180
1	1,2608	6291	804	6294
5	1,2234	6681	1.1.10	6675
8	1,2129	6798	480	6791
3	1,2073	6861	2.5.10	6864
4	1,2019	6923	840	6938

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
3	1,1928	7029	825	7028
9	1,1583	7453	921	7455
7	1,1524	7530	024	7533
	GdKFe ₂ O ₅			
16	5,0857	387	120	405
6	4,4060	515	113	525
7	3,4512	840	310	837
9	3,3321	966	204	977
7	3,1510	1007	005	1001
100	2,7894	1285	040	1285
74	2,7278	1344	400	1346
13	2,6786	1394	304	1398
6	2,6255	1451	042	1443
32	2,4976	1603	116	1606
2	2,4430	1676	225	1658
14	2,2792	1925	044	1924
6	2,2337	2004	050	2005
6	2,1955	2075	325	2079
4	2,1336	2197	306	2199
18	1,9315	2680	344	2681
9	1,9199	2713	307	2719
4	1,8890	2802	351	2803
12	1,8018	3080	155	3091
49	1,7322	3333	163	3332
10	1,7189	3384	262	3384
5	1,6681	3594	209	3581
30	1,6021	3896	065	3889
3	1,5804	4004	0.0.10.	4005
14	1,5577	4121	700	4122
3	1,4519	4743	518	4746
7	1,3957	5134	080	5134
21	1,3628	5384	538	5388
3	1,3299	5654	1.3.11.	5652
6	1,2874	6034	570	6034
2	1,2720	6181	2.1.12.	6184
3	1,1898	7064	912	7055
3	1,1589	7446	719	7446
12	1,1576	7462	904	7455
2	1,1485	7581	195	7583
6	1,1397	7699	088	7697
5	1,1373	7731	0.6.11	7734

На основании результатов индицирования установлено, что все синтезированные ферриты кристаллизуются в ромбической сингонии со следующими параметрами решетки: GdNaFe₂O₅ – $a=10,72$; $b=10,91$; $c=15,10\text{\AA}$; $V^o=1766,0\text{\AA}^3$, $V^o_{\text{эл.яч.}}=110,3\text{\AA}^3$, $Z=16$; $\rho_{\text{рент.}}=5,59$; $\rho_{\text{пикн.}}=5,43\pm0,16\text{г}/\text{см}^3$; GdKFe₂O₅ – $a=11,17$; $b=10,90$; $c=15,80\text{\AA}$; $V^o=1923,69\text{\AA}^3$, $V^o_{\text{эл.яч.}}=120,2\text{\AA}^3$; $Z=16$; $\rho_{\text{рент.}}=5,35$; $\rho_{\text{пикн.}}=5,23\pm0,12\text{г}/\text{см}^3$.

Корректность результатов индицирования ферритов подтверждается хорошим совпадением экспериментальных и расчетных значений параметра $10^4/d^2$, согласованностью величин рентгеновской и пикнометрической плотностей, а также хорошим совпадением $V^o_{\text{эл.яч.}}$ ферритов, вычисленных из суммы стехиометрических, количеств $I^o_{\text{эл.яч.}}$ соответствующих оксидов Gd³⁺, Fe³⁺ и щелочных металлов. Исследуемые ферриты кристаллизуются в структурном типе перовскита $Pt3m$, где ионы Gd³⁺ и Me⁺ (Na⁺, K⁺) находятся в центрах элементарных ячеек и имеют к.ч. по кислороду 12, а в узлах элементарных ячеек находится ион Fe³⁺, к.ч. которого по кислороду равно 6.

Резюмируя вышеизложенное, можно сказать, что впервые синтезированы двойные ферриты состава GdMeFe₂O₅ (Me – Na, K) и методом рентгенофазового анализа определены типы их сингонии и параметры элементарных ячеек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Третьяков Ю.Д. Термодинамика ферритов. Л.: Химия, 1967. 304с.
2. Портной К.И., Тимофеева Н.И. Кислородные соединения редкоземельных элементов. М.: Металлургия, 1986. 480с.
3. Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. М.: Изд-во МГУ, 1969. 232с.
4. Кивилис С.С. Техника измерений плотности жидкостей и твердых тел. М.: Стандартгиз, 1959. 191с.

Қасенов Б.Қ., Мұстафин Е.С., Қасенова Ш.Б.,
Сагынтаева Ж.И., Дауренбеков С.Ж., Әбілдаева Ә.Ж., Сергазина С.М.

GdMeFe₂O₅ (Me – Na, K) ҚОС ФЕРРИТТЕРДІҢ СИНТЕЗІ МЕН РЕНТГЕНОГРАФИЯСЫ

Керамикалық технология әдісімен гадолиний (ІІІ) мен темір (ІІІ) тотықтары, натрий және калий карбонаттарынан GdMeFe₂O₅ (Me – Na, K) құрамды ферриттері синтезделініп алынды. Олардың төмөндегідей көрсеткіштермен ромбылық сингонияда кристалданатыны анықталды: GdNaFe₂O₅ – a=10,72, b=10,91, c=15,10 Å, V^o=1766,0 Å³, V^o_{ел.яп.}=110,3 Å³, Z=16, ρ_{ред.}=5,59, ρ_{пикн.}=5,43±0,16 г/см³; GdKFe₂O₅ – a=11,17, b=10,90; c=15,80 Å, V^o=1923,69 Å³, V^o_{ел.яп.}=120,2 Å³, Z=16, ρ_{ред.}=5,35, ρ_{пикн.}=5,23±0,12 г/см³.

Kasenov B.K., Mustafin E.S., Kasenova Sh.B., Sagintaeva J.I.,
Davrenbekov S.Zh., Abil'daeva A.J., Sergazina S.M.

SYNTHESIS AND RENTGENOGRAFIYA DOUBLE GdMeFe₂O₅ FERRITE (Me – Na, K)

The method of ceramic technology from oxides of a gadolinium (ІІІ) and iron (ІІІ) and carbonates of sodium and potassium synthesized ferrite of structure of GdMeFe₂O₅ (by Me – Na, K). It is established that they crystallize in a rhombic singoniyia with the following parameters of a lattice: GdNaFe₂O₅ – a=10,72, b=10,91, c=15,10 Å, V^o=1766,0 Å³, V^o_{ел.яп.}=110,3 Å³, Z=16, ρ_{ред.}=5,59, ρ_{пикн.}=5,43±0,16 г/см³; GdKFe₂O₅ – a=11,17, b=10,90; c=15,80 Å, V^o=1923,69 Å³, V^o_{ел.яп.}=120,2 Å³, Z=16, ρ_{ред.}=5,35, ρ_{пикн.}=5,23±0,12 г/см³.