

BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ HEKSAFERRİTİNİN YUXARI VƏ AŞAĞI TEMPERATURLARDA ATOM DİNAMİKASI

A.İ. MƏMMƏDOV, S.H. CABAROV, R.Z. MEHDİYEVA, R.E. HÜSEYNOV

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Fizika İnstitutu,

AZ1143, Bakı, Azərbaycan, H. Cavid prospekti, 131

r.e.huseynov@gmail.com@jinr.ru

BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ heksaferriti sintez edilmiş, rentgen difraksiyası metodu ilə onun kristal quruluşu tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, normal şəraitdə və otaq temperaturlarında bu birləşmənin kristal quruluşu P6₃/mmc fəza qruplu heksaqonal simmetriyaya malik olur. Qəfəs parametrləri isə: $a=5.8842$ və $c=23.1774$ Å qiymətlərinə uyğun gəlir. $-190^{\circ}\text{C} \leq T \leq 20^{\circ}\text{C}$ aşağı temperatur və $20^{\circ}\text{C} \leq T \leq 490^{\circ}\text{C}$ yüksək temperatur intervalında BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ heksaferritinin atom dinamikası tədqiq edilmişdir. Raman spektroskopiyası metodu ilə alınmış spektrlərin analizi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, $-90^{\circ}\text{C} \leq T \leq 490^{\circ}\text{C}$ geniş temperatur intervalında bu birləşmədə quruluş faza keçidi baş vermir. Otaq temperaturunda alınmış Raman modaları həm aşağı temperaturlarda, həm də yüksək temperaturlarda müşahidə edilir.

Açar sözlər: seqnetoelektrik, ferrimaqnit, heksaferrit, multiferroik, rentgen difraksiyası, Raman spektroskopiyası

PACS: 81.40.Vw, 61.05.C-, 77.80.B-

1. GİRİŞ

Multiferroik materiallar eyni zamanda həm ferroelektrik, həm də ferromaqnit xassələrə malik olduqlarına görə geniş tədqiq edirlər [1-3]. Bu materiallar arasında heksaferritlər mühüm yer tuturlar [4-6]. Onların belə mühüm əhəmiyyətinə əsas səbəb, geniş temperatur intervalında dayanıqlı quruluş və maqnit xassələrinə malik olmalarıdır [7-9]. BaFe₁₂O₁₉ heksaqonal birləşməsi və Fe atomlarının qismən diamaqnit metal atomları ilə əvəzlənməsi əsasında alınmış birləşmələr son zamanlar ən çox tədqiq edilən heksaferritlərdir. Barium heksaferrit geniş temperatur intervalında ($T_C \sim 750$ K) ferrimaqnit xassələri göstərir. Fe atomlarının Al, In, Ga, Sc və s. diamaqnit atomları ilə qismən əvəz edilməsi ilə alınan birləşmələr də barium heksaferrit kimi yüksək temperaturlar oblastında maqnit xassələrinə malik olurlar [10-11].

Əvvəlki quruluş tədqiqatlarının nəticələrindən məlumdur ki, BaFe₁₂O₁₉ birləşməsinin kristal quruluşu heksaqonal simmetriyanın P6₃/mmc fəza qrupuna uyğun gəlir və qəfəs parametrləri: $a = 5.8920(1)$ Å, $c = 23.183(1)$ Å qiymətlərinə malikdir [12]. BaFe_{12-x}Me_xO₁₉ (Me = Al, Ga, In; $x = 0.1-1.2$) birləşmələrində aparılmış quruluş tədqiqatları göstərmişdir ki, bu birləşmələrin kristal quruluşları da heksaqonal simmetriyanın P6₃/mmc fəza qrupuna uyğun gəlir [13-14]. Nəzəri hesablamalar nəticəsində məlum olmuşdur ki, bu fəza qrupuna uyğun olaraq kristalda 42 Raman aktiv moda ($11A_{1g} + 14E_{1g} + 17E_{2g}$) və 30 infraqırmızı aktiv moda ($13A_{2u} + 17E_{1u}$) müşahidə edilə bilər. $150\text{cm}^{-1} \leq \nu \leq 1000\text{cm}^{-1}$ tezlik intervalında aparılmış Raman spektroskopiyası tədqiqatları zamanı bu modalardan yalnız 10-u müşahidə edilmişdir: $\nu = 173, 184, 216, 340, 409, 467, 611, 614, 684$ və 713cm^{-1} [15]. Müəyyən edilmişdir ki, bu Raman modaları: spinel bloklarının, O – Fe – O rabitələrinin, FeO₆ oktaedrlərinin, FeO₅ bipiramidalarının və FeO₄ tetraedrlərinin rəqslərinə uyğun gəlmişdir.

BaFe_{12-x}Ga_xO₁₉ ($x = 0.1-1.2$) birləşmələrinin atom dinamikası otaq temperaturunda, normal şəraitdə Raman spektroskopiyası ilə tədqiq edilmişdir. Spektrlərdə $\nu = 200 - 800\text{cm}^{-1}$ tezlik intervalında 8 maksimum müşahidə edilmişdir: $\nu = 289.19, 325.78, 406.84, 463.44, 515.94, 608.60, 677.64$ və 717.12cm^{-1} . Müəyyən edilmişdir ki, bu rəqs modaları: O – Fe – O rabitələrinin, Fe/GaO₆ oktaedrlərinin, Fe/GaO₆ oktaedrlərinin, Fe(2b)/Ga(2b)O₅ bipiramidalarının və Fe/GaO₄ tetraedrlərinin rəqslərinə uyğundur [7].

BaFe_{12-x}Al_xO₁₉ ($x = 0.1-1.2$) birləşmələrinin atom dinamikası Raman spektroskopiyası və infraqırmızı spektroskopiyaya metodları ilə tədqiq edilmişdir. Raman spektrlərində 8 maksimum müşahidə edilmişdir ki, bu modalar da BaFe_{12-x}Ga_xO₁₉ ($x = 0.1-1.2$) birləşməsinə uyğun olaraq izah edilmişdir [16]. İnfraqırmızı spektroskopiyaya ilə $\nu = 400 - 800\text{cm}^{-1}$ tezlik intervalında alınmış spektrlərdə isə 4 maksimum müşahidə edilmişdir: $\nu = 443.52, 524.14, 604.21$ və 720.82cm^{-1} . Müəyyən edilmişdir ki, bu rəqs modaları: Fe/AlO₆ oktaedrlərinin və Fe/AlO₄ tetraedrlərinin rəqslərinə uyğundur [9].

Heksaferritlərin quruluş xassələrinin tədqiq edilməsi və atomlararası rabitələrin xarakterinin öyrənilməsi üçün, bu birləşmələrin atom dinamikalarının tədqiq edilməsi çox vacibdir. Təqdim edilən bu işdə, Raman spektroskopiyası metodu ilə BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ heksaferrit birləşməsinin atom dinamikası tədqiq edilmişdir. Təcrübələr $-190^{\circ}\text{C} \leq T \leq 20^{\circ}\text{C}$ aşağı temperaturlar (azot temperaturu) və $20^{\circ}\text{C} \leq T \leq 490^{\circ}\text{C}$ yüksək temperaturlar intervalında aparılmışdır.

2. TƏCRÜBƏ

Tədqiq edilən BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉-un ovuntu halında hazırlanmış keramika nümunəsi yüksək temperatur sobasında standart metodla “yüksək təmiz” markalı Fe₂O₃, Sc₂O₃ oksidlərindən və BaCO₃ karbonatından sintez edilmişdir.



İlk olaraq oksidlər və karbonat müvafiq miqdarda qarışdırılmış, açıq havada 1473 K temperaturda 6 saat qızdırılmış, son mərhələdə isə açıq havada 1573 K temperaturda 6 saat qızdırılmışdır. Sintez prosesindən sonra nümunələr aşağı sürətlə soyudulmuşdur ($100 \text{ K} \cdot \text{saat}^{-1}$).

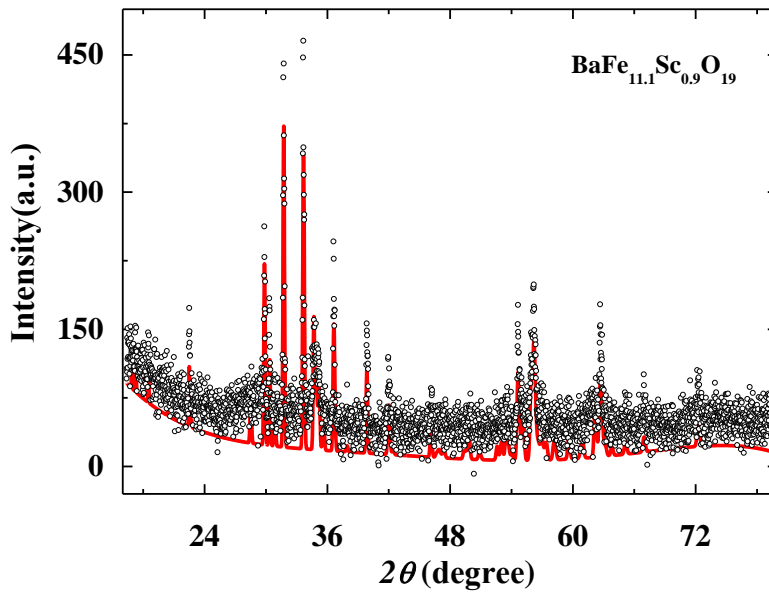
Alınmış ovuntu halında olan nümunələrin kristal quruluşları rentgen difraksiyası metodu ilə, D8 Advance (Bruker) difraktometrində tədqiq edilmişdir. Kristal quruluşun analizi FullProf proqramında Ritveld metodu ilə aparılmışdır [20].

Nümunələrin atom dinamikası, rabitələrin rəqsi hərəkətini və Raman tezlikləri, Mikro Raman Spektroskopiyası (XploRAHoriba) ilə 532 nm (25 mW) dalğa uzunluqlu bərk cisim lazerindən istifadə etməklə analiz edilmişdir. Xarakterik rəqs modalarını müşahidə etmək üçün $\nu = 0 - 800 \text{ sm}^{-1}$ oblastında Raman spektrləri alın-

mışdır.

3. NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

$\text{BaFe}_{11.1}\text{Sc}_{0.9}\text{O}_{19}$ birləşməsinin kristal quruluşu otaq temperaturunda və normal şəraitdə rentgen difraksiyası metodu ilə tədqiq edilmişdir. Alınmış rentgen difraksiyası spektri şəkil 1-də verilmişdir. Spektrin Ritveld metodu ilə analiz edilməsi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, normal şəraitdə və otaq temperaturunda bu birləşmənin kristal quruluşu $P6_3\text{mmc}$ fəza qruplu heksaqonal simmetriyaya malik olur. Qəfəs parametrləri isə: $a = 5.8842$ və $c = 23.1774 \text{ Å}$ qiymətlərinə uyğun gəlir. Bu nəticə barium heksaferrit və $\text{BaFe}_{11.1}(\text{Al}, \text{In}, \text{Ga})_{0.9}\text{O}_{19}$ birləşmələri üçün alınmış nəticələrə uyğun gəlir [16-18].



Şəkil 1. $\text{BaFe}_{11.1}\text{Sc}_{0.9}\text{O}_{19}$ birləşməsinin otaq temperaturunda və normal şəraitdə alınmış rentgen difraksiyası spektri.

$\text{BaFe}_{11.1}\text{Sc}_{0.9}\text{O}_{19}$ birləşməsinin atom dinamikası otaq temperaturunda, normal şəraitdə Raman spektroskopiyası ilə tədqiq edilmişdir. Spektrlərdə $\nu = 60 - 800 \text{ cm}^{-1}$ tezlik intervalında 13 maksimum müşahidə edilmişdir: $\nu = 68.77, 88.37, 169.99, 184.42, 211.75, 227.19, 290.38, 343.31, 412.37, 472.66, 524.55, 611.80$ və 685.49 sm^{-1} . Müəyyən edilmişdir ki, bu rəqs modaları O, Fe və Sc atomlarının əmələ gətirdikləri rabitələrin, şpinel blokların, oktaedrlərin, bipiramidaların və tetraedrlərin rəqslərinə uyğundur. Şəkil 2-də bu Raman modalarına uyğun gələn maksimumlar göstərilmiş və Gauss funksiyasına uyğun olaraq analiz edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki:

- ✓ $\nu_1 = 68.77 \text{ sm}^{-1}$ modası şpinel bloklarının,
- ✓ $\nu_2 = 88.37 \text{ sm}^{-1}$ modası şpinel bloklarının,
- ✓ $\nu_3 = 169.99 \text{ sm}^{-1}$ modası şpinel bloklarının,
- ✓ $\nu_4 = 184.42 \text{ sm}^{-1}$ modası şpinel bloklarının,
- ✓ $\nu_5 = 211.75 \text{ sm}^{-1}$ modası O – Fe – O rabitələrinin,
- ✓ $\nu_6 = 227.19 \text{ sm}^{-1}$ modası O – Fe – O rabitələrinin,
- ✓ $\nu_7 = 290.38 \text{ sm}^{-1}$ modası O – Fe – O rabitələrinin,
- ✓ $\nu_8 = 343.31 \text{ sm}^{-1}$ modası Fe(5)/GaO₆ oktaedrlərinin,

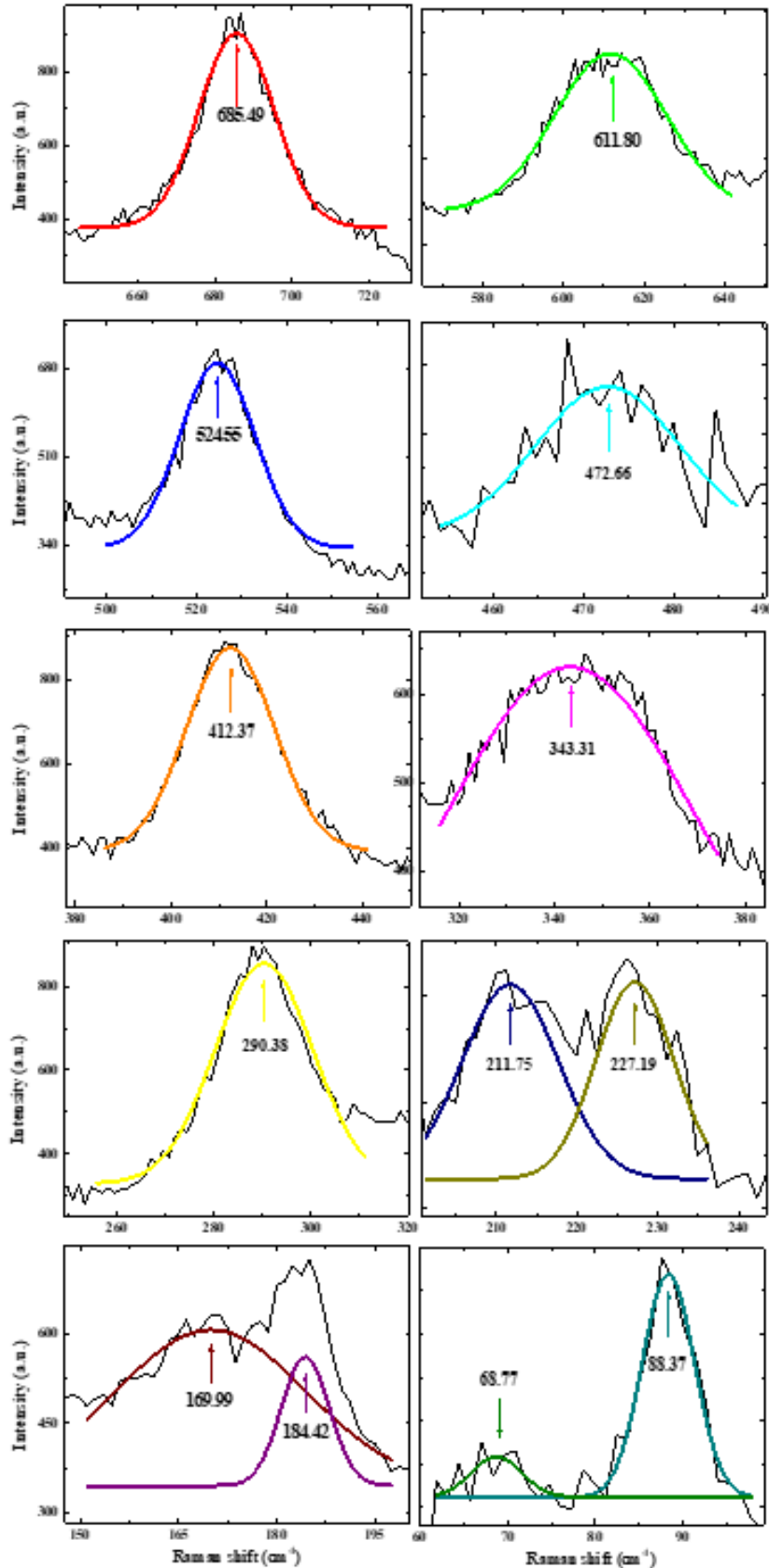
- ✓ $\nu_9 = 412.37 \text{ sm}^{-1}$ modası Fe(5)/GaO₆ oktaedrlərinin,
- ✓ $\nu_{10} = 472.66 \text{ sm}^{-1}$ modası Fe(1)/GaO₆ və Fe(5)/GaO₆ oktaedrlərinin,
- ✓ $\nu_{11} = 524.55 \text{ sm}^{-1}$ modası bütün oktaedrlərin,
- ✓ $\nu_{12} = 611.80 \text{ sm}^{-1}$ modası bütün oktaedrlərin,
- ✓ $\nu_{13} = 685.49 \text{ sm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ modası Fe(2)/GaO₅ bipiramidalarının rəqslərinə uyğundur.

Göründüyü kimi ən kiçik rəqslər şpinel bloklarına uyğun gəlir ki, bu da şpinel blokların daha dayanıqlı sistem əmələ gətirmələri ilə əlaqədardır. Ən yüksək tezlikli modalar isə bipiramidalara uyğun gəlir. Bu da onu göstərir ki, oktaedrlər bipiramidalara nisbətən daha dayanıqlı sistem əmələ gətirirlər.

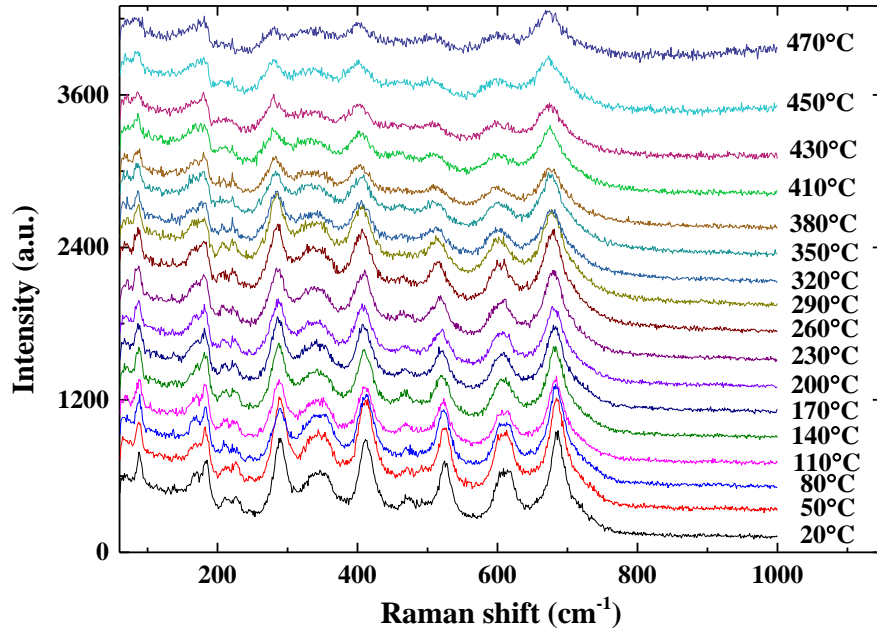
Məlumdur ki, temperaturun qiyməti yüksəldikcə kristal qəfəsi təşkil edən atomların rəqslərinin amplitudlarının qiymətləri artır. Ona görə də, temperaturun qiyməti yüksəldikcə kristalların atom dinamikasında dəyişiklik baş verir. Raman spektroskopiyası, birləşmələrin atom dinamikasında baş verən dəyişiklikləri, fəza keçidlərini, quruluş çevrilmələrini təyin etmək üçün unikal metod hesab edilir [19-20]. $\text{BaFe}_{11.1}\text{Sc}_{0.9}\text{O}_{19}$ bir-

ləşməsinin atom dinamikasına yüksək temperaturun təsirini öyrənmək məqsədi ilə $20^{\circ}\text{C} \leq T \leq 490^{\circ}\text{C}$ temperatur intervalında Raman spektrləri alınmışdır. Müxtəlif temperaturlarda alınmış spektrlər şəkil 3-də verilmişdir. Göründüyü kimi otaq temperaturunda müşahidə

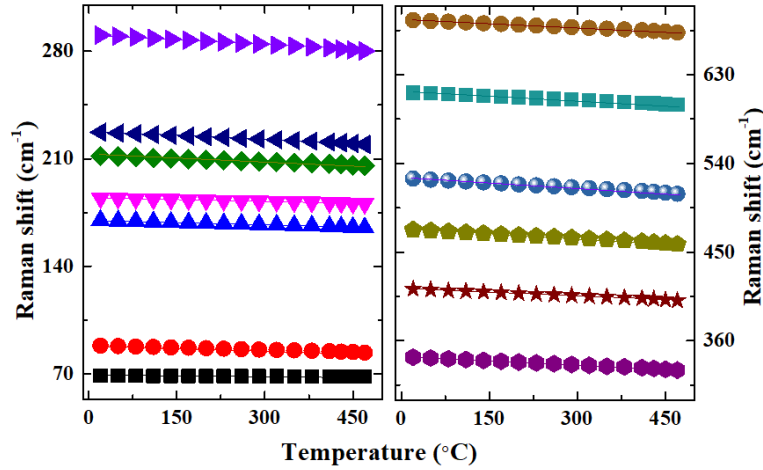
edilən rəqs modalarının hamısı $T \leq 490^{\circ}\text{C}$ -ə qədər temperatur intervalında da müşahidə edilir. Lakin rəqs modalarının qiymətlərində azalma müşahidə edilir ki, bu da temperaturun təsiri ilə atomlararası rabitələrin uzunluqlarının artmasına uyğundur.



Şəkil 2. BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ birləşməsinin otaq temperaturunda və normal şəraitdə alınmış Raman spektri.



Şəkil 3. BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ birləşməsinin yüksək temperaturlarda alınmış Raman spektrləri.



Şəkil 4. Yüksək temperaturlarda BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ birləşməsinin rəqs modaları.

Cədvəl 1.
Yüksək temperaturlar intervalında BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ birləşməsinə Raman modaları və bu modalar üçün alınmış α əmsalları.

Raman modası	sm ⁻¹	Dəyişmə əmsalı	°C ⁻¹
v ₁	68.77	α_1	1.48×10^{-5}
v ₂	88.37	α_2	10.82×10^{-5}
v ₃	169.99	α_3	6.15×10^{-5}
v ₄	184.42	α_4	4.28×10^{-5}
v ₅	211.75	α_5	6.33×10^{-5}
v ₆	227.19	α_6	7.38×10^{-5}
v ₇	290.38	α_7	7.59×10^{-5}
v ₈	343.31	α_8	8.21×10^{-5}
v ₉	412.37	α_9	6.02×10^{-5}
v ₁₀	472.66	α_{10}	6.70×10^{-5}
v ₁₁	524.55	α_{11}	6.29×10^{-5}
v ₁₂	611.80	α_{12}	4.32×10^{-5}
v ₁₃	685.49	α_{13}	3.94×10^{-5}

Şəkil 4-də yüksək temperaturlar oblastında BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ birləşməsində Raman modalarının tezliklərinin temperatur asılılığı verilmişdir. Asılılıqlardan görünür ki, temperaturun qiyməti artdıqca Raman modalarının tezliklərinin qiymətlərində azalma baş verir. Bu azalma:

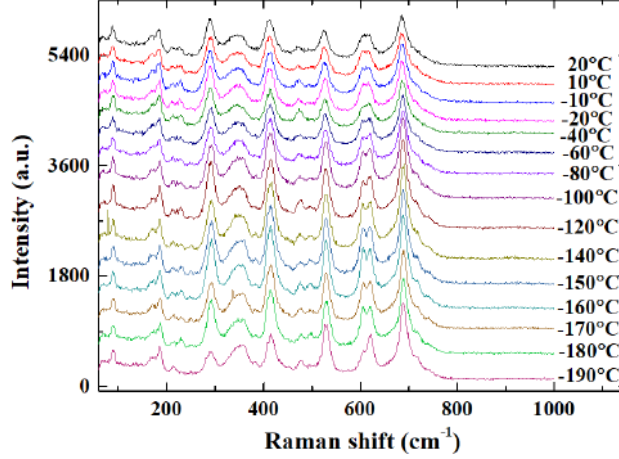
$$\alpha = -\frac{1}{v} \frac{dv}{dT} \quad (1)$$

qanunu ilə interpretasiya edilmişdir. Müxtəlif Raman modaları üçün alınmış α əmsallarının qiymətləri cədvəl 1-də verilmişdir.

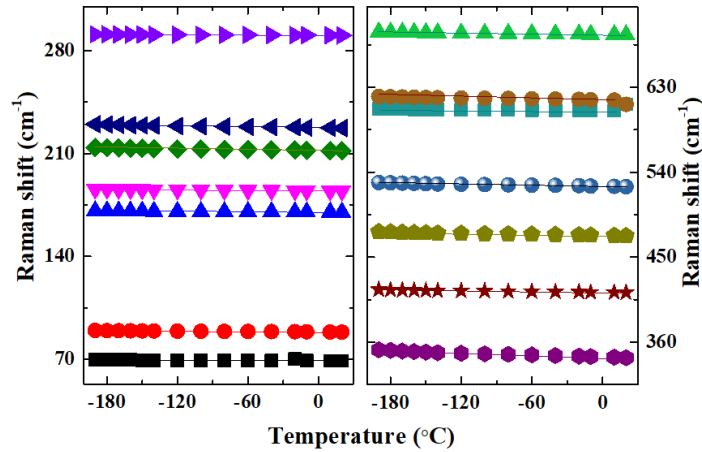
BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ birləşməsinin atom dinamikasına aşağı temperaturların təsirini öyrənmək məqsədi ilə $-190^\circ\text{C} \leq T \leq 20^\circ\text{C}$ temperatur intervalında Raman spektroskopiyası eksperimenti aparılmışdır. Aşağı temperaturlarda alınmış Raman spektrləri şəkil 4-də verilmişdir. Göründüyü kimi, otaq temperaturunda müşahidə edilən rəqs modalarının hamısı $T \geq -190^\circ\text{C}$ -ə qədər temperatur intervalında da müşahidə edilir. Lakin

temperaturun qiyməti yüksəldikcə rəqs modalarının qiymətlərində azalma müşahidə edilir ki, bu da yüksək temperaturlara uyğun olaraq aşağı temperaturlarda da temperaturun təsiri ilə atomlararası rabitələrin uzunluqlarının artmasına uyğundur. Aşağı temperaturlar oblas-
tında BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ birləşməsində Raman modaları-

nın tezliklərinin temperatur asılılığı şəkil 5-də verilmişdir. Asılılıqlardan görünür ki, temperaturun qiyməti artdıqca Raman modalarının tezliklərinin qiymətlərində (1) qanununa uyğun olaraq azalma baş verir. Aşağı temperaturlarda müxtəlif Raman modaları üçün alınmış α əmsallarının qiymətləri cədvəl 2-də verilmişdir.



Şəkil 5. BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ birləşməsinin aşağı temperaturlarda alınmış Raman spektrləri.



Şəkil 6. Aşağı temperaturlarda BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ birləşməsinin rəqs modaları.

Cədvəl 2.

Aşağı temperaturlar intervalında BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ birləşməsində Raman modaları və bu modalar üçün alınmış α əmsalları.

Raman modası	sm ⁻¹	Dəyişmə əmsalı	°C ⁻¹
ν_1	68.77	α_1	5.28×10^{-5}
ν_2	88.37	α_2	5.53×10^{-5}
ν_3	169.99	α_3	2.29×10^{-5}
ν_4	184.42	α_4	3.03×10^{-5}
ν_5	211.75	α_5	4.24×10^{-5}
ν_6	227.19	α_6	5.10×10^{-5}
ν_7	290.38	α_7	1.01×10^{-5}
ν_8	343.31	α_8	10.46×10^{-5}
ν_9	412.37	α_9	3.27×10^{-5}
ν_{10}	472.66	α_{10}	3.86×10^{-5}
ν_{11}	524.55	α_{11}	3.63×10^{-5}
ν_{12}^*	605.07	α_{12}	1.52×10^{-5}
ν_{12}^{**}	616.39	α_{13}	2.88×10^{-5}
ν_{13}	685.49	α_{14}	1.94×10^{-5}

NƏTİCƏ.

Raman spektroskopiyası metodu ilə yüksək ($20^\circ\text{C} \leq T \leq 490^\circ\text{C}$) və aşağı ($-190^\circ\text{C} \leq T \leq 20$) temperaturlarda BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ birləşməsinin atom dinamikası tədqiq edilmişdir. Geniş temperatur intervalında alınmış spektrlərin analizindən məlum olmuşdur ki, yüksək və aşağı temperaturlarda Raman modaları demək olar ki, eynidir. Temperaturun təsiri ilə bu modaların tezliklərinin dəyişmə mexanizmi də eyni olur və $\alpha \sim 10^{-5} \text{C}^{-1}$ qiymətinə malik olur (cədvəl 1 və 2). Bu onu göstərir ki, göstərilən temperatur aralığında BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ birləşməsində heç bir quruluş faza keçidi baş vermir.

Aşağı temperaturlarda, bütün oktaedrlərə məxsus olan və otaq temperaturunda $\nu_{12} = 611.80 \text{ sm}^{-1}$ tezliyində müşahidə edilən modada parçalanma baş verir. $T = -10^\circ\text{C}$ temperaturda $\nu_{12}^* = 605.07 \text{ sm}^{-1}$ və $\nu_{12}^{**} = 616.39 \text{ sm}^{-1}$ tezliklərində Raman modaları alınmış və $T \geq -190^\circ\text{C}$ intervalında müşahidə edilmişdir.

- [1] P. Kumar. Multiferric Materials and their Properties, Integrated Ferroelectrics, 2011, v.131, p.25.
- [2] D.P. Kozlenko, N.T. Dang, S.E. Kichanov, E.V.Lukin, A.M. Pashayev, A.I. Mammadov, S.H. Jabarov, L.S. Dubrovinsky, H.P. Liermann, W. Morgenroth, R.Z. Mehdiyeva, V.G.Smotrakov, B.N. Savenko. Physical Review B, 2015, v.92, p.134409.
- [3] N.O. Golosova, D.P. Kozlenko, S.E. Kichanov, E.V. Lukin, L.S. Dubrovinsky, A.I. Mammadov, R.Z. Mehdiyeva, S.H. Jabarov, H.-P. Liermann, K.V. Glazyrin, T.N. Dang, V.G. Smotrakov, V.V.Eremkin, B.N. Savenko. Journal of Alloys and Compounds, 2016, v. 684, p.352.
- [4] A.V. Trukhanov, S.V. Trukhanov, V.A.Turchenko, V.V. Oleinik, E.S. Yakovenko, L.Yu. Matsui, L.L. Vovchenko, V.L. Launets, I.S.Kazakevich, S.G. Dzhabarov. Physics of the Solid State, 2016, v.58, p.1792.
- [5] S.H. Jabarov, A.V. Trukhanov, S.V. Trukhanov, A.I.Mammadov, V.A.Turchenko, R.Z.Mehdiyeva, R.E. Huseynov. Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications, 2015, v.9, p.468.
- [6] S.H. Jabarov. International Journal of Modern Physics B, 2018, v.32, p.1850303.
- [7] A.V. Trukhanov, V.G. Kostishyn, L.V. Panina, S.H. Jabarov, V.V. Korovushkin, S.V. Trukhanov, E.L. Trukhanova. Magnetic properties and Mössbauer study of gallium doped M-type barium hexaferrites, Ceramics International, 2017, v.43, p.12822.
- [8] F.G. Agayev, S.H. Jabarov, G.Sh. Ayyubova, M.N.Mirzayev, S.V.Trukhanov, E.L.Trukhanova, M.A. Darwish, S.V. Podgornaya, D.A. Vinnik, T.P. Hoang, N.T. Dang, A.V. Trukhanov. Physica B: Condensed Matter, 2020, v.580, p.411772.
- [9] R.E. Huseynov, A.I. Mammadov, R.Z. Mehdiyeva, A.V. Trukhanov, S.V. Trukhanov, V.A.Turchenko, T.P. Hoang, N.T. Dang, S.H. Jabarov. Journal of the Korean Physical Society, 2019, v.74, p.584.
- [10] V.A. Turchenko, S.V. Trukhanov, A.M. Balagurov, V.G. Kostishyn, A.V. Trukhanov, L.V. Panina, E.L. Trukhanova. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2018, v.464, p.139.
- [11] M.A. Darwish, V.G. Kostishyn, V.V. Korovushkin, I.M. Isaev, A.T. Morchenko, L.V. Panina, S.V. Trukhanov, K.A. Astapovich, V.A. Turchenko, A.V. Trukhanov. IEEE Magnetics Letters, 2019, v.10, p.1-5
- [12] X. Obradors, A. Collomb, M. Pernet. Journal of Solid State Chemistry, 1985, v. 56, p.171.
- [13] A.V. Trukhanov, V.O. Turchenko, I.A. Bobrikov, S.V. Trukhanov, I.S. Kazakevich, A.M. Balagurov. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2015, v.393, p.253.
- [14] A.V. Trukhanov, M.A. Darwish, L.V. Panina, A.T. Morchenko, V.G. Kostishyn, V.A.Turchenko, D.A. Vinnik, E.L. Trukhanova, K.A. Astapovich, A.L. Kozlovskiy, M. Zdorovets, S.V. Trukhanov., Journal of Alloys and Compounds, 2019, v.791, p.522.
- [15] J. Kreisel, G. Lucazeau, H. Vincent. J. Sol. Stat. Chem., 1998, v.137, p.127.
- [16] A.V. Trukhanov, N.T. Dang, S.V. Trukhanov, S.H. Jabarov, I.S. Kazakevich, A.I. Mammadov, R.Z. Mekhdiyeva, V.A. Turchenko, R.E. Huseynov. Physics of the Solid State, 2016, v.58, p.992.
- [17] A.V.Trukhanov, S.V. Trukhanov, V.G. Kostishyn, L.V. Panina, I.S. Kazakevich, An.V. Trukhanov, V.O. Natarov, D.N. Chitanov, V.A. Turchenko, V.V. Oleynik, E.S. Yakovenko, L.Yu. Macuy, E.L. Trukhanova. Materials Research Express, 2014, v.4, p.076106.
- [18] V. Turchenko, A.V. Trukhanov, S.V. Trukhanov, I.S. Kazakevich. The investigation of crystal and magnetic structures of solid solutions BaFe_{12-x}D_xO₁₉ (D = In and Ga, x = 0.1-1.2), EPJ Web of Conferences, 2018, v.185, p.04011.
- [19] D.P. Kozlenko, N.T. Dang, N.O. Golosova, S.E. Kichanov, E.V. Lukin, P.J. Lampen Kelley, E.M. Clements, K.V. Glazyrin, S.H. Jabarov, T.L. Phan, B.N. Savenko, H. Srikanth, M.H. Phan. Physical Review B, 2018, v. 98, p.134435.
- [20] N.T. Dang, D.P. Kozlenko, S.E. Kichanov, S.G.Jabarov, A.I. Mammadov, R.Z. Mekhtieva, T.L. Phan, V.G. Smotrakov, V.V. Eremkin, B.N.Savenko. Journal of Electronic Materials, 2017, v,46, p.3373.

A.I. Mammadov, S.H. Jabarov, R.Z. Mehdiyeva, R.E. Huseynov

**ATOMIC DYNAMICS AT HIGH AND LOW TEMPERATURES
OF BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ HEXAFERRITE**

BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ hexaferrite was synthesized and the crystal structure was studied by X-ray diffraction. It was found that under normal conditions and at room temperatures, the crystal structure of this compound has hexagonal symmetry with the P6₃/mmc space group. The lattice parameters correspond to the values: $a = 5.8842 \text{ \AA}$ and $c = 23.1774 \text{ \AA}$. Atomic dynamics were studied of BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ hexaferrite in the range of low temperatures of $-190^\circ\text{C} \leq T \leq 20^\circ\text{C}$ and high temperatures of $20^\circ\text{C} \leq T \leq 490^\circ\text{C}$. As a result of the analysis of the spectra obtained by the Raman spectroscopy method, it was determined that the structural phase transition does not occur in this compound over a wide temperature range $-190^\circ\text{C} \leq T \leq 490^\circ\text{C}$. At the room temperature obtained Raman modes are observed at both low and high temperatures.

А.И. Маммадов, С.Г. Джабаров, Р.З. Мехдиева, Р.Е. Гусейнов

**АТОМНАЯ ДИНАМИКА ПРИ ВЫСОКИХ И НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ГЕКСАФЕРРИТА
BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉**

Был синтезирован гексаферрит BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ и исследована кристаллическая структура методом дифракции рентгеновских лучей. Было обнаружено, что в нормальных условиях и при комнатной температуре кристаллическая структура этого соединения имеет гексагональную симметрию с пространственной группой R6/3mmc. Параметры решетки соответствуют значениям: $a = 5,8842 \text{ \AA}$ и $c = 23,1774 \text{ \AA}$. Изучена атомная динамика гексаферрита BaFe_{11.1}Sc_{0.9}O₁₉ в диапазоне низких температур - $190^\circ\text{C} \leq T \leq 20^\circ\text{C}$ и высоких температур $20^\circ\text{C} \leq T \leq 490^\circ\text{C}$. В результате анализа спектров, полученных методом спектроскопии комбинационного рассеяния света, было определено, что структурный фазовый переход в этом соединении не происходит в широком диапазоне температур $-190^\circ\text{C} \leq T \leq 490^\circ\text{C}$. При комнатной температуре полученные рамановские режимы наблюдаются как при низких, так и при высоких температурах.

Qəbul olunma tarixi: 17.07.2021