

Al을 치환한 Garnet의 Mössbauer 분포 함수 연구

민병기 · 김삼진 · 심인보 · 김철성*

국민대학교 자연과학대학 나노·전자물리학과, 서울시 성북구 정릉동 861-1, 136-702

(2002년 2월 1일 받음, 2002년 2월 18일 최종수정본 받음)

Sol-gel법을 이용하여 $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ ($x = 0.0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.0$) 분말을 합성하였다. 열시차 중량 분석장치(TG-DTA), x-선 회절기, 시료진동 자화율 측정기(VSM) 및 Mössbauer 분광기를 이용하여 물질의 결정구조 및 자기적 성질을 연구하였다. $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ 의 결정구조는 cubic이며, 격자상수는 $x = 0.0$ 에서 1.0까지 치환되었을 때 12.381부터 12.304 Å으로 선형적으로 감소함을 보였다. Mössbauer spectrum을 13 K 부터 600 K까지 여러 온도에서 측정을 하였다. $x = 0$ 일 때 Mössbauer spectrum은 2 set으로 잘 구분할 수 있지만 치환량이 증가함에 따라 바깥쪽 팔면체 자리의 선폴이 점점 넓어지는 것을 관측할 수 있다. 이러한 현상은 사면체 자리에 존재하는 Fe^{3+} 과 Al^{3+} 이온의 확률적 분포에 따른 것으로 해석된다.

주제어 : Garnet, Mössbauer 분광학, 확률 분포

I. 서 론

자성 garnet(YIG)의 화학식은 $Y_3Fe_5O_{12}$ 이며, $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$ 의 분자식을 갖는 광물의 조성으로부터 유래 되었다[1]. YIG는 1952년 C. L. Hogen이 10 GHz 대에서의 자이로 자기 공명을 발표한 후, 이어서 1956년 Bertaut와 Forrat의 자성 garnet에 관한 연구가 도화선이 되어 고주파수에서의 garnet에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다. Garnet은 현재 가장 널리 쓰이는 microwave 자성재료 중 하나이며 또한, 자기적 손실이 적은 특성을 가지고 있다고 보고 되어 지고 있다[2-4]. 최근 들어 YIG 박막을 이용한 초단파 소자의 개발에 관한 연구가 세계적으로 활발히 진행되고 있다[5-7]. Garnet 박막의 제작은 1970 년도 후반의 bubble memory의 응용을 위하여 활발히 연구되었으며[8], 최근 들어 다시 많은 관심을 가지는 이유는 garnet 박막을 응용한 광자기 미디어와 초고주파 소자로서 응용할 수 있기 때문이다[9]. 자성 garnet은 다른 ferrite 자성재료와 같이 산화물이기 때문에 화학적으로 매우 안정하며, 광자기 매체로 사용하는데 적합한 수직방향 자화를 가지고 있으며, 특히 Y을 Bi로 치환한 garnet의 경우 Faraday rotation과 Kerr 효과가 크므로 차세대 광자기(magneto-optic) 기록매체로의 이용하기 위한 연구가 활발히 진행 되고있다[10-12]. 현재 선진 외국에서는 무선 통신 및 radar 등 국방무기 분야와 통신용 소자로 이미 실용화 되고 있으나, 국내에서는 아직 이러한 garnet에 관한 연구가 미흡한 실정이다.

이러한 특성을 가지는 garnet의 결정 내에는 octahedral-16a과 tetrahedral-24d 그리고 dodecahedral-24c의 세 개의

부격자가 있다. 이온 분포는 $\{Y^{3+}\}_3[Fe^{3+}\downarrow]_2(Fe^{3+}\uparrow)_3O_{12}$ 로 나타낼 수 있고, { }은 24c site, []는 16a site, ()는 24d site를 나타낸다. 이때, 이러한 부격자들에 치환되는 이온에 따라 자기적 교환 상호작용이 달라지게 된다[13]. Yttrium은 비자성 이온으로 24c site에 위치하고 있고, 자성 이온인 Fe는 16a, 24d site에 위치하고 있기 때문에 거시적으로 준강자성 물질인 $Y_3Fe_5O_{12}$ 는 16a, 24d 자리의 스핀이 서로 반평행한 상태로 antiferromagnetic coupling을 하는 것으로 알려져 있다[14].

본 연구에서는 garnet에 Al^{3+} 를 치환하였을 때 미시적 자성의 변화와 함께 Al^{3+} 의 site 선호도에 대해 연구하고자 한다.

Sol-gel 법으로 $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ ($x = 0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0$)의 분말을 제조하여 x-선 회절기를 이용하여 결정학적 특성을 연구하고, vibrating sample magnetometer(VSM)를 이용하여 거시적 자성을 측정하였으며, 원자핵의 입장에서 불확정성의 원리를 만족하는 Mössbauer 분광기를 이용하여 미시적인 자성 및 초미세자기장, 전기 4중극자 분열치 및 이성질체 이동치를 구하여 자성의 근원을 밝히고자 하였다.

II. 실험 방법

$Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ ($x = 0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0$) 분말을 sol-gel법을 이용하여 합성하였다. 출발원료로서는 순도 99.99%의 yttrium nitrate pentahydrate($Y(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$), 99.99%의 iron(III) nitrate nonahydrate ($Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$), 99.99%의 aluminum nitrate nonahydrate ($Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$)를 사용하였으며, 용매로는 distilled water(H_2O) 및 ethylene glycol($HOCH_2CH_2OH$)을 사용하였다. 이 때 stock solution의 몰농도는 0.1 M로 선택하였다.

*Tel: (02)910-4752, E-mail: cskim@phys.kookmin.ac.kr

$Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ 의 합성을 위하여 $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ 를 ethylene glycol에 충분히 반응을 시킨 후, $Y(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$ 을 반응시켰다. 그리고, H_2O 를 첨가한 후, $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ 를 반응시켰다. 그 후 12시간을 상온에서 반응을 시킨 후, 다시 80 °C에서 3시간 반응을 시켰다. 제조된 용액은 150 °C에서 72시간 건조하여 초기 분말을 제조하였다. 건조된 분말은 마노에서 1시간 분쇄 후 TG-DTA 열분석을 통하여 열처리 온도를 결정하였다. 분쇄한 분말을 400 °C에서 1시간 800 °C에서 3시간 동안을 공기 중에서 열처리한 후, 다시 마노에서 1시간 분쇄 후 1200 °C에서 6시간 동안 공기 중에서 열처리하여 $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ 시료를 제조하였다.

건조시킨 분말의 열처리 온도 및 열적 거동을 알아보기 위해 TA Instruments 회사의 STA-1500 TG-DTA를 이용하였다. 열처리 한 분말의 결정학적 특성을 알아 보기 위해 Philips사에서 제작한 X'Pert (PW1830) x-ray diffractometer (XRD)를 사용하여 x선 회절도를 얻었다.

Mössbauer 스펙트럼은 전기역학적 등가속도형 Mössbauer 분광기로 취하였으며, 본 실험에 사용한 감마선 source는 rhodium 금속에 확산시킨 40 mCi의 ^{57}Co 를 사용하였다. 시료 전체의 균일한 온도를 얻기 위하여 저온은 copper로 고온은 stainless steel로 제작된 시료 holder에 얇은 두 장의 beryllium 판 사이에 aluminum foil로 packing한 시료를 넣어 온도의 안정도가 저온 측정은 $\pm 0.5 K$, 고온 측정은 $\pm 1.0 K$ 이내로 유지하도록 하였다. 또한, 분말 시료의 자기적 특성측정을 위하여 VSM을 사용하였다. 측정은 실온에서 최대 5 kOe의 외부 자기장을 이용하여 자화곡선을 측정하였다.

III. 결과 및 논의

$Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ ($x = 0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0$)의 열처리에 따른 특성 변화의 제어를 목적으로 건조 겔의 유기물 연소, 결정상의 생성 및 상전이 특성 등을 관찰하기 위해 TG-DTA 열분석 실험을 수행하여 시료들의 열처리 온도를 가늠하였다. 알루미늄아 팬에 20 mg 정도의 precursor 겔 분말을 넣어 air-zero 혼합가스 분위기에서 40 °C에서 1200 °C까지 열분석 실험을 진행하였다. Fig. 1은 그 결과를 나타낸 것이다. TGA 분석 결과 약 300~400 °C 근방에서 40 % 정도의 질량 감소가 있었으며, 이는 물과 용매의 증발 및 유기물들의 분해가 있기 때문에 나타나는 결과이다. 또한 DTA 곡선에서 300 °C와 400 °C에서 나타난 sharp한 발열 peak는 TGA 측정 결과와도 일치하는 결과로 물과 용매의 증발 및 유기물들의 분해로 인한 발열 반응이다. 760 °C에서 보이는 조그마한 발열 peak는 이미 garnet의 상이 형성되었음을 나타낸다.

이러한 결과로부터 400 °C에서의 유기물과 용매의 증발을

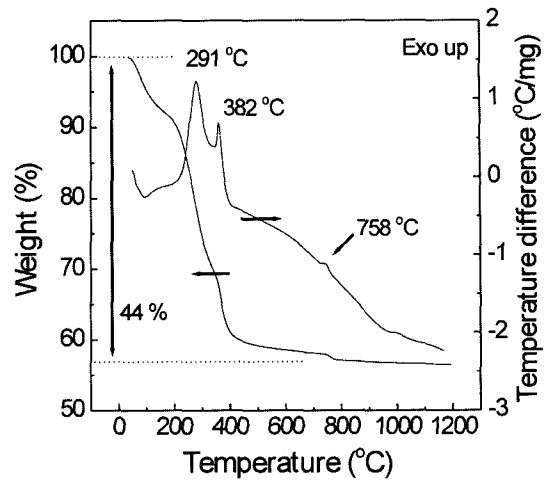


Fig. 1. TG-DTA curves of $Y_3Fe_{4.75}Al_{0.25}O_{12}$ gel powder.

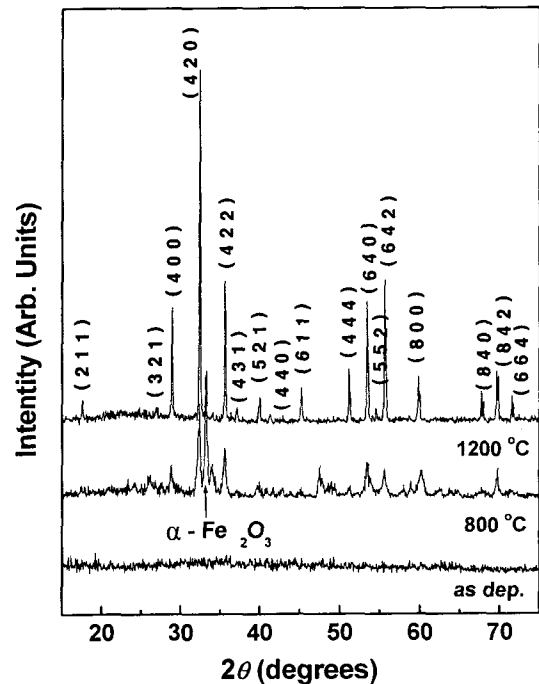


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of $Y_3Fe_{4.75}Al_{0.25}O_{12}$ at various annealing temperatures.

충분히 이루어 내기 위해 1차로 calcinations 공정을 수행하였으며, 800 °C에서 2차 열처리 공정을 수행하였다. 800 °C에서 이미 garnet의 상이 형성 됨을 Fig. 2의 XRD 회절 패턴으로 알 수 있었지만, $\alpha-Fe_2O_3$ 의 다른 상이 공존하고 있음을 또한 관측할 수 있었다. 결국 열처리 온도를 높여 1200 °C에서 순수한 garnet의 단일상을 얻을 수 있었다.

Fig. 3에 나타난 $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ ($x = 0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0$)의 x선 회절도를 회절각 및 산란강도를 바탕으로 하여 구조를 분석한 결과 모두 cubic garnet spinel 구조임을 알 수

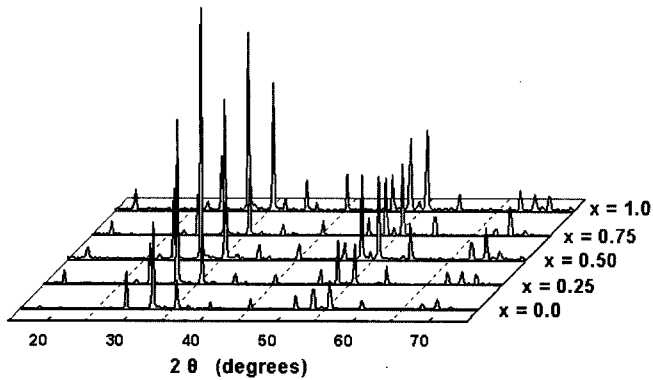


Fig. 3. XRD patterns of $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ ($x = 0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0$).

있었다. 일반적인 garnet의 구조식은 $\{Y^{3+}\}_3[Fe^{3+}]_2(Fe^{3+})_3O_{12}$ 로 구성되며, { }은 십이면체 (dodecahedral site)-24(c), []은 팔면체 (octahedral site)-16(a), ()은 사면체 (tetrahedral site)-24(d)를 나타낸다.

격자 상수를 얻기 위해 Nelson-Riley 함수[15]

$$a_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{\cos^2 \theta}{\sin \theta} + \frac{\cos^2 \theta}{\theta} \right) \quad (1)$$

에 대한 격자상수 $a_0(\theta)$ 를 일차함수로 맞추어 $\theta = 90^\circ$ 에서 격자상수를 구하였다.

X선 회절도의 miller 지수는 cubic 구조의 인접 격자면 사이 거리를 이용하여 구한 이론값으로부터 x-선 변화에 따라 회절선의 이동을 고려하여 붙였으며, 격자상수 a_0 값은 $K\alpha_1$ 선 파장에 의한 Bragg의 회절 조건 $2d\sin\theta = n\lambda$ 로부터 주어진 d 와 주어진 miller 지수를 써서 컴퓨터를 이용하여 최소자승법으로 맞추어서 결정하였으며, 그 결과는 Fig. 4에서처럼 Al 이온의 치환량이 증가함에 따라 $a_0 = 12.381$ 에서

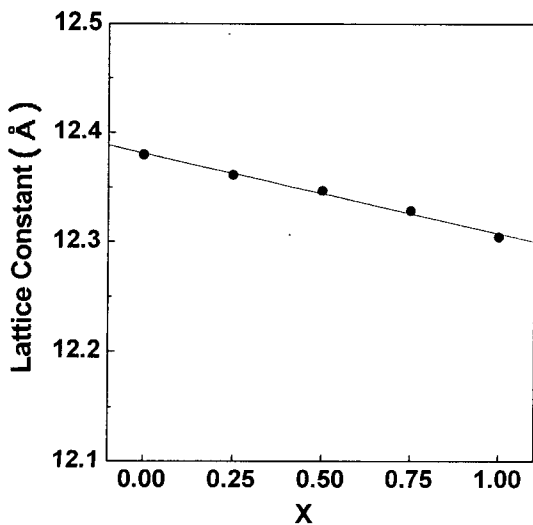


Fig. 4. Lattice constants dependence on the Al of $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$.

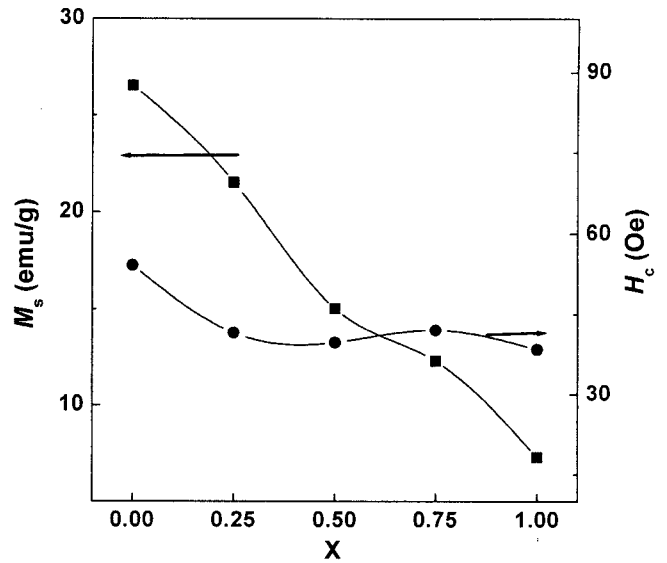


Fig. 5. Saturated magnetization M_s and coercivity H_c of $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$.

12.308 Å으로 감소하는 경향을 보였다. Al의 치환량의 증가에 따른 격자 상수의 감소 경향은 Al의 이온반경 (0.50 Å)이 Fe의 이온반경 (0.61 Å)보다 작기 때문에 나타나는 결과라고 해석 되어지어 진다.

Sol-gel법으로 Al의 첨가량 변화에 합성한 $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ ($x = 0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0$)의 magnetic moment를 상온에서 5 kOe의 외부자기장을 인가하여 측정하였다. Fig. 5는 상온에서 Al의 조성 변화에 따른 포화자화(saturated magnetization) 값과 보자력(coercivity) 값의 변화를 나타낸 것이다. 실험 결과 값은 Table I에 나타내었다.

연자성 물질인 garnet은 상대적으로 작은 보자력 값을 갖는데, Al^{3+} 를 치환했을 때 보자력 값은 치환량의 변화에 따라서 어떤 경향성이 없이 오차 한도 내에서 일정한 모습을 보였다. 포화자화 값은 Al^{3+} 이온의 치환량이 증가할수록 감소하는 경향성을 보였다. 이는 자성 garnet의 기본 구조에서 자기적 성질을 나타내는 두 자리인 팔면체 자리와 사면체 자리에서 기인한다. 사면체 자리는 up spin의 상태이고 팔면체 자리는 down spin의 상태인데 Al^{3+} 는 모두 사면체 자리로 치환이 되기 때문에 이러한 결과가 나타났다고 해석된다.

$Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ ($x = 0.0, 0.25, 0.5, 1.0$)의 Mössbauer spectrum은 15 K에서 600 K까지 여러 온도에서 취하였다.

Table I. Saturated magnetization M_s and coercivity H_c of $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$.

X	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
M_s (emu/g)	26.529	21.537	15.021	12.293	7.283
H_c (Oe)	54.1	41.5	39.7	42	38.4

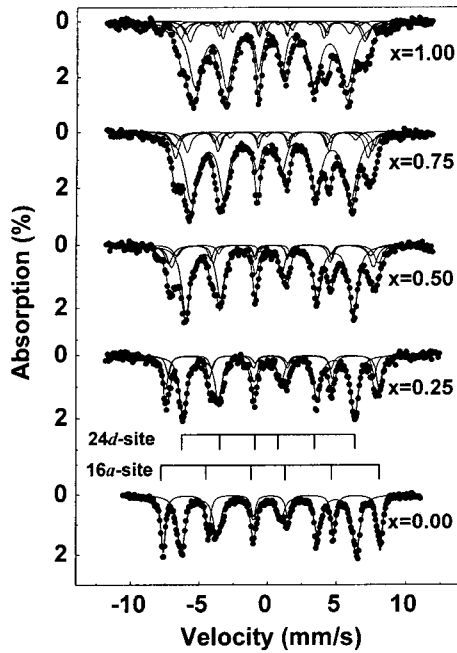


Fig. 6. Mössbauer spectra of $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ at room temperature.

Fig. 6은 $Y_3Fe_5O_{12}$ 에 Al^{3+} 를 치환한 경우 상온에서의 Al^{3+} 조성변화에 따른 Mössbauer spectrum을 나타내고 있다. 여기서 바깥 site는 octahedral site(16a)이고, 안쪽 site는 tetrahedral site(24d)인데, 치환량이 증가함에 따라 octahedral site의 선풍이 넓어지는 모습을 볼 수 있다. Al^{3+} 는 tetrahedral site를 선호하므로 $Y_3Fe_5O_{12}$ 에 Al^{3+} 를 치환 시 octahedral site와 tetrahedral site 중에서 tetrahedral site에 치환될 것으로 예상된다. 따라서 하나의 16a site 자성 이온에 대하여 주변의 16a 자리의 자성 이온들은 고정되어 있고 6개의 24d자리에 Al^{3+} 이온이 치환됨에 따라, 16a자리가 받는 초미세 자기장은 주변의 24d자리의 자성이온의 감소로 인하여 감소될 것으로 예상된다. 즉, $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ 에서 16a자리 주위에 양이온 Al^{3+} 가 몇 개 분포하느냐에 따라 초미세 자기장의 감소분은 영향을 받게 되고, 이에 따라 16a자리의 선풍이 넓어지면서 16a자리의 초미세 자기장, 4중극자 분열치, 이성질체 이동치는 영향을 받게 된다. 16a자리 Fe 이온 주위의 6개의 이온 분포 중 Al 이온의 개수를 n으로 나타내면 Al이 x mole일 경우 24d자리 전체 양이온 중 Al의 비율은 x/3가 되므로 1개의 16a자리 Fe 이온 주변에 n개의 Al 이온이 있게 될 확률은[16]

$$P(n,x) = {}_6C_n \left(\frac{x}{3}\right) \left(1 - \frac{x}{3}\right)^{6-n}, \quad {}_6C_n = \frac{6!}{n!(6-n)!} \quad (2)$$

으로 나타내어 진다. 따라서, 16a가 받는 초미세 자기장은[17]

$$H_n = H_0 - n\Delta H \quad (3)$$

Table II. Probability $P(n,x)$ of an iron, at 16a site, having n aluminum nearest-neighbor ions in the $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$.

n	${}_6C_n$	$P(n,x)$			
		0.25	0.50	0.75	1.00
0	1	0.593	0.335	0.178	0.088
1	6	0.361	0.402	0.356	0.263
2	15	0.037	0.202	0.297	0.329
3	20	0.009	0.053	0.132	0.219
4	15	0.000	0.008	0.033	0.082
5	6	0.000	0.000	0.004	0.016
6	1	0.000	0.000	0.000	0.001

이 된다. 여기서 H_0 는 $n=0$ 일 때의 초미세 자기장이고, ΔH 는 16a 자리 자성이온 주위에 Al이 1개씩 증가할 때의 초미세 자기장의 감소분이고, 은 n개의 Al 이온이 분포할 때의 초미세 자기장이다. 16a자리 Fe 이온 주변에 n개의 Al 이온이 차지할 확률 $P(n,x)$ 은 Table II와 같다.

Mössbauer spectrum 분석 시 Table II에서 나타낸 확률 분포에 의해 Al 치환량에 따라 영향을 받는 16a 자리는 8% 이상 되는 값만을 선택한 결과 x = 0에서 1 set, 0.25에서 2set, 0.5에서 3 set, 0.75에서 4 set, 1.0에서는 5 set으로 분석하였다. $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ 의 13 K에서 Néel 온도까지의 Mössbauer spectrum의 분석 결과를 Table III에 나타내었다. Néel 온도

Table III. Lattice constant (a_0), manetic hyperfine field (H_{hf}), quadrupole splitting (ΔE_Q), isomer shift (δ), Néel temperature (T_N) of $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ at room temperature.

x	sites	H_{hf} (kOe)	ΔE_Q (mm/s)	δ (mm/s)	a_0 (Å)	T_N (K)
0.00	a	487	0.02	0.26	12.381	590
	d	393	0.03	0.03		
0.25	a ₁	482	0.08	0.24	12.361	555
	a ₂	476	-0.10	0.24		
0.50	d	392	0.02	0.01	12.347	520
	a ₁	477	0.02	0.37		
	a ₂	460	0.02	0.32		
	a ₃	443	-0.04	0.39		
0.75	d	382	0.00	0.13	12.328	495
	a ₁	466	0.02	0.26		
	a ₂	447	0.03	0.25		
	a ₃	428	-0.02	0.28		
1.00	a ₄	410	-0.06	0.28	12.304	460
	d	366	0.02	0.05		
	a ₁	440	0.03	0.35		
	a ₂	420	0.00	0.26		
1.00	a ₃	401	0.06	0.23	12.304	460
	a ₄	382	-0.01	0.22		
	a ₅	362	-0.07	0.18		
1.00	d	343	0.02	0.06		

는 Al이 치환 됨에 따라 590 K에서 460 K으로 선형적으로 감소함을 볼 수 있다. 이로부터 1 atom당 Néel 온도의 변화는 130 K/atom임을 알 수 있다. Mössbauer spectrum 분석결과 각각의 set은 6개의 공명흡수선으로 나타났으며, Lorentzian 선형에 의해 3:2:1:1:2:3의 면적비를 가짐을 알 수 있었다. 또한 Al의 치환량이 증가함에 따라 초미세 자기장 값이 작아 짐을 확인할 수 있었고, 이성질체 이동값으로부터 사면체, 팔면체 자리 모두 Fe⁺³ 이온 상태임을 알 수 있었다.

IV. 결 론

Sol-gel 방법을 사용하여 Y₃Fe_{5-x}Al_xO₁₂(x = 0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0)을 기존의 세라믹 방법보다 200~300 °C 낮은 1200 °C에서 합성하였다. XRD 분석 결과, Al 이온의 치환량이 증가함에 따라 a₀ = 12.381 Å에서 12.308 Å으로 감소하는 경향을 보였다. 비자성 이온이면서 이온 반경이 Fe 보다 작은 Al을 yttrium ion garnet에 치환하였을 때, Al 이온은 모두 사면체 자리로 치환이 됨을 알 수 있었고, 그에 따라 Al과 Fe의 양이온의 분포가 (6C_n) 분포 함수를 따라 존재함을 Mössbauer 분광실험을 통해 알 수 있었다. Mössbauer spectrum 분석 시 확률 분포에 의해 Al 치환량에 따라 영향을 받는 16a 자리는 8% 이상 되는 값만을 선택한 결과 x = 0에서 1 set, 0.25에서 2 set, 0.5에서 3 set, 0.75에서 4 set, 1.0에서는 5 set으로 분석하였다. 또한 Néel 온도가 치환량이 증가함에 따라 선형적으로 감소함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 충남대학의 Research Center for Advanced Magnetic Materials(ReCMM) 지원에 의한 것이며 이에 감

사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] K.-H. Hellwege, *et al.*, *Landolt-Börnstein-Group III*, vol. 4 (Springer-Verlag, Berlin, 1970), p 315.
- [2] C. E. Patton, *J. Appl. Phys.* **41**, 1637(1970).
- [3] F. Bertaut and F. Forrat, *Compt. Rend.* **242**, 382(1956).
- [4] K. Hisataka, I. Matubara, K. Maeda, H. Yasuoka, H. Mazaki, and K. Nematsu, *J. Magn. Magn. Mater.* **140-144**, 2127(1995).
- [5] D. W. Peterman, M. Ye, and P. E. Wigen, *J. Appl. Phys.* **76**, 6886(1994).
- [6] M.-B. Park and N.-H. Cho, *J. Magn. Magn. Mater.* **231**, 253 (2001).
- [7] A. Snezhko, J. English and J. Kohout, *J. Magn. Magn. Mater.* **234**, 227(2001).
- [8] J. B. Shannon, *Acta Crystallogr. A*, **32**, 751(1976).
- [9] O. Yamaguchi, Y. Mukaida, and A. Hayashida, *J. Mater. Sci. Lett.* **9**, 1314(1990).
- [10] N. I. Mezion, E. N. Kuznetsov, and N. Y. Strarostyuk, *I. Akad. Nank SSSR. Neorg. Mater.* **25**, 1187(1989).
- [11] O. Yamaguchi, Y. Mukaida, and A. Hayashida, *J. Mater. Sci. Lett.* **9**, 1314(1990).
- [12] M. Gomi, T. Tanida, and M. Abe, *J. Appl. Phys.* **57**, 3888 (1985).
- [13] 엄영량, 김철성, 이재광, *J. Korean Phys. Soc.* **12**, 132(1999).
- [14] C. S. Kim, Y. R. Uhm, J. G. Lee, K. H. Jeong, *Mater. Sci. Forum* **373-376**, 753(2001).
- [15] P. Hansen, W. Torkdorf, K. Witter and J. M. Robertson, *IEEE Trans. on Mag.* **20**, 1099(1984).
- [16] Y. R. Uhm, S. J. Kim, C. S. Kim, *IEEE Trans. on Mag.* **37**, 2428(2001).
- [17] H. N. Ok, K. S. Baek, H. S. Lee, Y. K. Kim, and J. C. Sur, *J. Korea Phys. Soc.* **22**, 367(1989).

A Study on Distribution of Mössbauer Spectroscopy in Al Doped Garnet

Byoung Ki Min, Sam Jin Kim, In-Bo Shim, and Chul Sung Kim*

Dept. of Physics, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

(Received 1 February 2002, in final form 18 February 2002)

Al^{3+} substituted garnet $\text{Y}_3\text{Fe}_{5-x}\text{Al}_x\text{O}_{12}$ ($x = 0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0$) was fabricated by sol-gel method. The crystallographic and magnetic properties of $\text{Y}_3\text{Fe}_{5-x}\text{Al}_x\text{O}_{12}$ have been studied with Mössbauer spectroscopy, x-ray diffraction (XRD), thermogravimetry analysis (TGA), differential thermal analysis (DTA), and vibrating samples magnetometer (VSM). The crystal structure of $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ is found to be a cubic with the lattice constant $a_0 = 12.381 \pm 0.005 \text{ \AA}$. The lattice constants a_0 decreases linearly from 12.381 to 12.304 Å as the Al concentration (x) increases from $x = 0.0$ to 1.0. Mössbauer spectra of measured at $\text{Y}_3\text{Fe}_{5-x}\text{Al}_x\text{O}_{12}$ various absorber temperatures of 13 to 600 K. Mössbauer spectrum for $x = 0.0$ is consist of well resolved two sets of six line patterns. While with increasing Al concentration outer sextet pattern, which is originating from octahedral sites, broadens widely. These phenomena are interpreted in terms of random probability distributions of Fe^{3+} and Al^{3+} in tetrahedral site.

Keywords : Garnet, Mössbauer spectroscopy, distribution fuction