

$Y_{3-x}RE_xFe_5O_{12}$ (Re=La, Nd)의 구조 및 자기적 특성

충북대학교 송영열*, 유성초

청주대학교 김원태, 이수형

STRUCTURAL AND MAGNETIC PROPERTIES of $Y_{3-x}RE_xFe_5O_{12}$ (RE=La, Nd)

Chungbuk University Y. Y. Song*, S. C. Yu

Chongju University W. T. Kim, S. H. Lee

1. 서론

마이크로파 대역에서 자성체의 Gyrotropic 성질을 이용한 아이솔레이터/ 서클레이터와 같은 비가역 소자의 소재연구는 선진국에서는 이미 많은 연구가 진행되어 왔지만 국내에서는 그 기초연구가 아직 미진한 상태에 있다. 따라서 본 연구에서는 상용 주파수의 증가 추세(수십 GHz ~ 수백 GHz)에 따라 자기적 손실이 적고 수십 GHz 대역에서 동작할 수 있는 소재 개발의 기초 연구로서 garnet(YIG)의 하소온도 및 소결온도에 따른 구조 및 자기적 특성을 조사하였고 또한 Y^{3+} 보다 큰 이온 반경을 지닌 La^{3+} , Nd^{3+} 을 치환 했을 때 치환량의 증가에 따른 구조 및 자기적 특성을 조사하였다.

2. 실험방법

시료 제작은 일본 고순도 화학사의 산화물을 원료분말로 일반 세라믹 제조기술을 이용하여 yttrium iron garnet(YIG) 분체 및 소결체를 제조하였다. 출발물질을 몰비로 칭량한 후 균일한 혼합물을 얻기 위해 세라믹 볼을 사용하여 이온교환수 하에서 24시간 milling 하였다. 이 slurry 를 오븐에서 충분히 건조시킨 후 먼저 하소 조건을 잡기 위해 1000℃ 1100℃ 1200℃ 및 1300℃ 에서 각각 하소하였고, 1200℃ 에서 하소한 시편을 1300℃ 에서 50℃씩 증가시키면서 1500℃ 까지 공기 중에서 소결하였다. 이때 승온속도 및 냉각속도는 300℃/h 로 하였다. 준비된 하소체 및 소결체의 구조를 분석하기 위하여 X-선 회절실험을 하였으며, 소결온도에 따른 치밀화의 정도를 조사하기 위해 SEM 사진을 통해 grain size 를 측정하였고, Archimedes 방법으로 밀도를 측정하였다. 자기적 특성을 조사하기 위하여 VSM(vibrating sample magnetometer)으로 상온에서 포화자화값을 측정하였으며 상온에서 600 K 까지 포화자화값의 온도 의존성을 측정하였다. 또한 소결된 시료의 각각에 대해 linewidth ΔH 를 측정하기 위하여 FMR(ferromagnetic resonance) 실험을 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1 은 YIG 하소온도에 따른 X-선 회절실험 결과이다. 1000℃ 하소체 시편은 YIG 상과 출발물질 및 중간상이 나타나고 있으며 1100℃ 에서는 거의 YIG 상이 나타났다. 하소 온도가 1300℃ 로 증가하면서 YIG 상이 완전히 형성되었음을 확인할 수 있다. 또한 VSM으로

측정된 포화자화값은 하소온도가 증가함에 따라 증가하여 1200 °C에서는 25 emu/g 의 정상치에 도달하였다. 이것은 YIG 상의 분률이 증가함에 따라 포화자화값이 증가하며, 1200 °C 이상의 온도에서 하소한 경우에는 거의 모두 YIG 상이 형성되었기 때문이다. 소결온도에 따른 YIG 소결체의 구조, 밀도 및 자기특성 변화를 조사하였다. 소결온도가 증가함에 따라 소결체의 결정립의 크기는 증가하며, 소결온도가 1500 °C인 경우 국부적으로 용해가 일어났음을 확인하였다. 한편 Y^{3+} 보다 큰 이온반경을 갖는 La^{3+} 및 Nd^{3+} 치환된 YIG 상은 $(La_{0.5}Y_{2.5})Fe_5O_{12}$ 및 $(Nd_2Y)Fe_5O_{12}$ 까지 제조할 수 있었으며, 그 이상의 La 나 Nd 를 치환할 때에는 제 2상이 석출되었다. La 나 Nd 으로 치환된 YIG 의 격자상수는 La 또는 Nd 의 치환량에 따라 직선적으로 증가하였다. FIG. 2 는 $La_{0.1}Y_{2.9}Fe_5O_{12}$ 의 포화자화값의 온도 의존성을 나타낸 그래프이다. 순 YIG 와 유사하게 소결온도에 따른 Curie 온도 변화는 거의 없었다. 또한 소결조건 및 조성에 따른 ΔH 값의 변화는 조직 및 구조 변화로 설명될 수 있었다.

4. 참고문헌

- ① M. A. Gilleo, Phys. Rev. 109, 777 (1959)
- ② P. Röschmann and P. Hasen, J. Appl. Phys. 52(1) 6257 (1981)

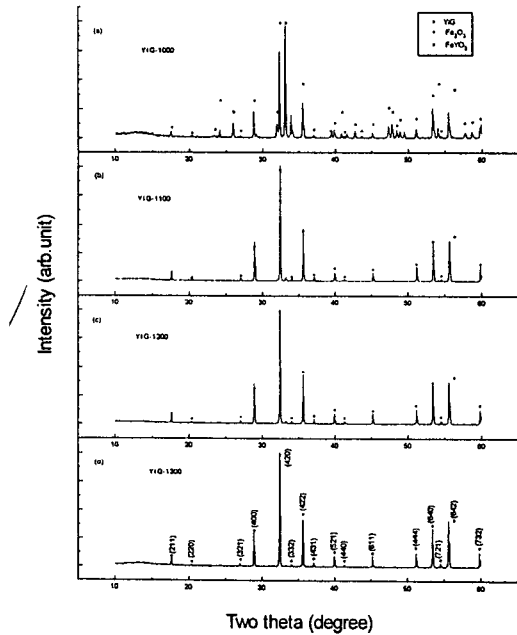


Fig. 1 X-ray diffraction patterns (Cu-K α) from YIG powders calcinated at different temperatures (a) 1000 °C (b) 1100 °C (c) 1200 °C (d) 1300 °C

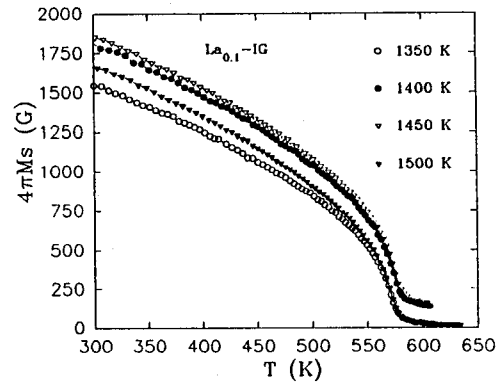


Fig. 2 Variations of saturation magnetization of $La_{0.1}Y_{2.9}Fe_5O_{12}$, sintered at different temperatures, as a function of temperature (○) 1350 °C (●) 1400 °C (▽) 1450 °C (▼) 1500 °C