

$Gd_xY_{3-x}Fe_5O_{12}$ ($x = 0.0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0$)의 자기 및 마이크로파 특성

충북대학교 송영열*, 유성초
 청주대학교 김원태, 이수형
 전자통신연구소 이상석, 최태구

MAGNETIC AND MICROWAVE PROPERTIES
 OF $Gd_xY_{3-x}Fe_5O_{12}$ ($x = 0.0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0$)

Chungbuk Nat'l Univ. Y. Y. Song*, S. C. Yu
 Chongju University W. T. Kim, S. H. Lee
 ETRI S. S. Lee, T. G. Choy

1. 서론

Yttrium iron garnet(YIG, $Y_3Fe_5O_{12}$)은 1952년 Hogan 이 10 GHz 대역에서의 자이로 자기 공명현상을 발표한 이래 자기적 손실이 가장 작고, GHz 대역에서 동작할 수 있는 우수한 마이크로파 특성으로 이미 많은 연구가 진행되어 왔다. 또한 전자기적 특성 및 마이크로파 특성을 보완하기 위하여 순수한 YIG 뿐만 아니라 희토류 및 그밖에 다른 양이온을 부격자에 치환한 치환형 garnet에 관한 연구도 함께 이루어지고 있다. 본 연구에서는 상용 주파수의 증가 추세(수십 GHz ~ 수백 GHz)에 따라 자기적 손실이 작고 수십 GHz 대역에서 동작할 수 있는 통신용 부품소재 개발의 기초 연구로서 Y^{3+} 를 Gd^{3+} 로 치환한 $Gd_xY_{3-x}Fe_5O_{12}$ ($x = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0$)의 자기 및 마이크로파 특성을 조사하였다.

2. 실험 방법

시료 제작은 일본 고순도 화학사의 산화물을 원료 분말로하여 일반 세라믹 제조 기술을 이용하여 YIG 및 치환형 garnet의 분체 및 소결체를 제조하였다. 출발 물질을 몰 비로 칭량한 후 균일한 혼합물을 얻기 위해 세라믹 볼을 사용하여 이온 교환수 하에서 24시간 milling 하였다. 1200°C에서 하소한 시편을 1350°C에서 50°C씩 증가시키면서 1450°C까지 공기 중에서 소결하였다. 이때 승온속도 및 냉각 속도는 300°C/h 로 하였다. 준비된 소결체의 구조를 분석하기 위하여 X-선 회절 실험을 하였으며, 소결온도에 따른 치밀화의 정도를 조사하기 위해 SEM 사진을 통해 grain size를 측정하였고, 소결체의 밀도를 측정하였다. 자기적 특성을 조사하기 위하여 VSM(vibrating sample magnetometer)으로 상온에서 포화자화값을 측정하였으며, 300 K에서 600K 까지 포화자화값의 온도 의존성을 측정하였다. 또한 소결된 시료의 각 각에 대해 linewidth(ΔH)를 측정하기 위하여 구형 시편을 만들었다. 먼저 YIG에 대하여 시편의 크기에 따른 linewidth의존도를 조사하기 위해 직경이 0.2mm ~ 0.5mm까지 0.1mm 씩 증가시켜 FMR(ferromagnetic resonance) 실험을 하였고, 시편의 크기에 따른 linewidth의 의존도를 확인한 후, 0.5mm 직경의 구형 시편을 만들어 Gd^{3+} 함량이 증가함에 따라 각각의 소결된 시료에 대해 FMR 실험을 하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

X-선 회절실험을 통해 치환량 증가에 따라 치환형 garnet이 형성되었음을 확인하였고, 1400℃에서 소결된 시편에 대하여 조성에 따른 자기적 특성을 조사하였다. Fig.1은 Gd^{3+} 이온의 치환량 증가에 따른 포화자화값의 온도 의존성을 나타낸 그래프이다. 이때 가해진 자기장은 5 kOe였으며, 300 K ~ 600 K 까지 측정하였다. 치환량이 증가하면서 상온에서 포화자화값은 1700 G에서 250 G로 감소하였다. 이러한 현상은 Gd^{3+} 이온이 spin magnetic moment를 갖고있기 때문이며, 보상 온도는 Gd^{3+} 이온의 치환량이 증가할수록 증가하였다. 크기에 따른 YIG의 FMR 실험에서 직경이 0.2 mm 및 0.3 mm의 경우는 linewidth 값이 약 70 Oe로 거의 변화하지 않았고, 0.4 mm, 0.5 mm에서 각각 80 Oe, 90 Oe로 10 Oe씩 증가하였다. 본 실험에서는 시편의 준비 과정상의 어려움으로 그밖에 치환형 시편에 대하여는 직경이 0.5 mm 크기의 구형 시편을 만들어 측정하였다. Fig. 2는 Gd^{3+} 이온의 치환량 증가에 따라 측정된 linewidth를 나타낸 그래프이다. 소결온도가 1400℃와 1450℃일 때 치환량이 증가함에 따라 거의 같은 값으로 측정되었으며, 1350℃에서 소결된 시료에서는 그 값은 100 Oe 정도 크지만 함량에 따라 경향은 1400℃와 1450℃에서 소결한 시료와 유사하게 나타났다. 즉 치환량이 증가함에 따라 조금씩 증가를 보이고 있다. 이러한 결과는 실제적인 응용 분야에 있어 보상온도를 조절하여 넓은 온도범위에서 균일한 자기적 특성을 유지할 수 있는 장점이 있다.

4. 참고문헌

- ① M.A. Gilleo, Phys. Rev. 109, 777 (1959)
- ② S.V. Stankus, R.A. Khairulin, P.V. Tyagel'sky, I.A. Ivanov, J. Alloys and Compounds 225(1995) 220-224

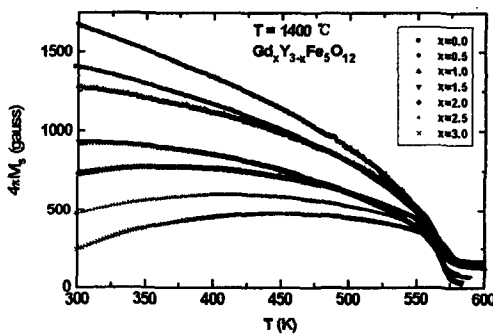


Fig.1 Variations of saturation magnetization as a function of temperature for sintered $Gd_xY_{3-x}Fe_5O_{12}$

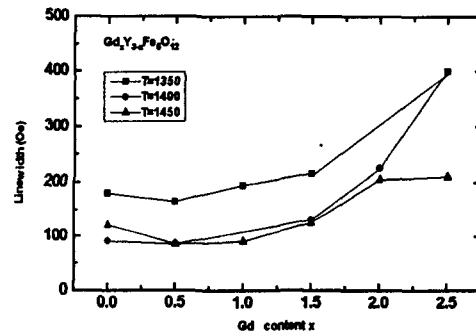


Fig.2 Variations of linewidth as a function of x for sintered $Gd_xY_{3-x}Fe_5O_{12}$ at (■) 1350 °C (●) 1400 °C (▲) 1450 °C