E-3

YIG 페라이트의 미세구조 및 자기특성에 미치는 분쇄공정의 영향

남중희*, 박상진, 여동훈, 김효태
요업기술원 시스템모듈사업단

1. 서 론

YIG ferrite는 강자성공명 반가폭(ΔH)이 비교적 작기 때문에 microwave용 자성재료로 사용되고 최근 CDMA 방식의 이동통신 시스템이 보급됨에 따라 isolator 부품의 수요가 증가하고 있으며, 이동통신 시스템에서는 디지털신호의 진폭변화를 선형적으로 증폭시키는 송신 power amplifier의 기능이 중요하다[1]. I. Isolator 부품은 삽입손실이 작고 isolation이 높은 것이 요구되며 온도안정성도 우수해야 하기 때문에, 구성요소인 자성체, 유전체, 도체에 해당하는 소재의 정밀한 특성 제어가 선행되어야 한다.

일반적으로 ΔH값의 변화는 소결체내의 기공에 의한 반자장 효과로 인해 급증하는 원인이 되므로, YIG ferrite의 미세구조 변화에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다. YIG ferrite는 단일상 형성 영역이 매우 좁기 때문에[2], 강자성 공명 ΔH을 최소화하기 위해서는 단일상인 화학조성을 갖도록 소재를 제조해야 하며, 소결체 미세구조를 제어하는 공정 변수의 확보가 선행되어야 한다[3]. 따라서, 이 연구에서는 고상법으로 YIG ferrite를 제조함에 있어서 양산공정 변수를 확립하기 위해 Fe_2O_3 함량과 분쇄 공정의 변화가 미세구조 및 자기특성에 미치는 영향을 중심으로 검토하였다. 또한, YIG의 결정구조 및 자기 특성에 대한 온도의존성에 대해서도 연구하였다.

2. 실험 방법

이 연구에서는 $Y_3Fe_5O_{12}$, $Y_{3+x}Fe_{5-x}O_{12}$($x=\pm0.1\sim1.0$)의 조성에 대해 Y_2O_3, αFe_2O_3,(99.9% 시약급)의 원료를 각각의 일정 조성 비율로 칭량한 후 균일한 혼합물을 얻기 위해 볼밀(지르코니아볼 / 직경 5, 10 mm)로써 습식 혼합하였다. 슬러리 상태의 혼합 분말을 건조, 분쇄시킨 후 하소(1200 ℃, 10 h)하여 얻어진 분말을 건식 및 습식 분쇄하여 성형 후 1400~1500℃에서 대기 중 상압 소결하였다. 미세구조 분석은 전자현미경(SEM)과 광학현미경을 이용하였고, 자기특성은 VSM으로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

일반적으로 ferrite는 Fe_2O_3가 주성분이기 때문에 그 조성비 변화는 소결체의 물성에 중요한 인자로 작용한다. 특히, Y_2O_3-Fe_2O_3계에서 존재하는 YIG 단일상($Y_3Fe_5O_{12}$)의 영역이 매우 좁기 때문에 반응 조건에 따라 미반응 또는 중간상의 생성에 의한 영향을 배제할 수 없다. 그러나, 이러한 YIG 단일상 이외의 결정상도 자성을 갖기 때문에, YIG matrix내에서 차지하는 분율(fraction)이 그다지 크지 않을 경우, 일종의 미량 첨가제 역할을 할 수도 있다. $Y_{3+x}Fe_{5-x}O_{12}$에서 Fe excess 조성($x=-0.1\sim-0.3$)과 deficient excess 조성($x=0.1\sim0.3$)을 제조하여 미세구조 및 자기 특성을 검토하였다. Fig. 1에 나타낸 바와 같이, Fe excess 조성($x=-0.1\sim-0.3$)에 대한 소결체 표면 미세구조를 보면, Fe deficient 조성($x=0.1\sim0.3$)의 경우보다 grain growth가 많이 진행되어 grain size가 큼을 알 수 있었다. 이러한 경향은 Fe_2O_3 함량에 따라 YIG 소결체의 특성에 분명한 차이가 존재함을 의미하며, microwave 특성을 제어하기 위한 방안으로도 활용될 수 있을 것으로 판단한다.

또한, 분쇄 효과에 대한 실험결과로서, $Y_{3+x}Fe_{5-x}O_{12}$($x=0.3, -0.3$) 분말의 milling 시간에 따른 소결체 grain size에 따른 자기 특성 측정 결과(Fig. 2)를 보면, Fig. 1에서와 같이 milling 하기 전

의 소결체 미세구조에서도 Fe excess 조성이 grain size가 큼을 알 수 있으며, 이는 milling 처리 후의 분말로 소결한 경우에도 입자 미세화에 따른 소결성 향상으로 인해 grain size가 증가하여 포화자화 값도 증가한 것임을 알 수 있었다.

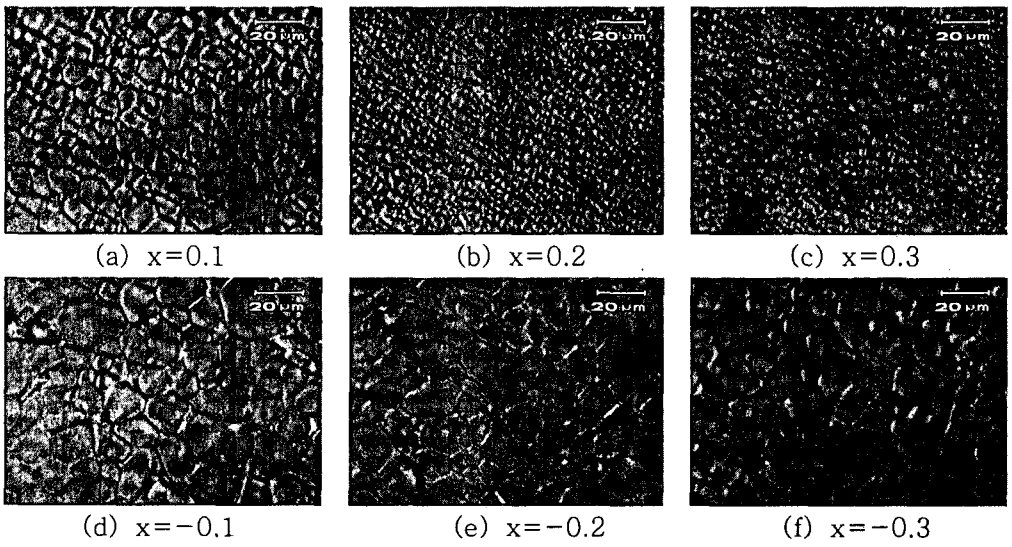

Fig. 1. Optical micrographs of $Y_{3+x}Fe_{5-x}O_{12}$ ferrites sintered at 1400℃ for 10 h in air.

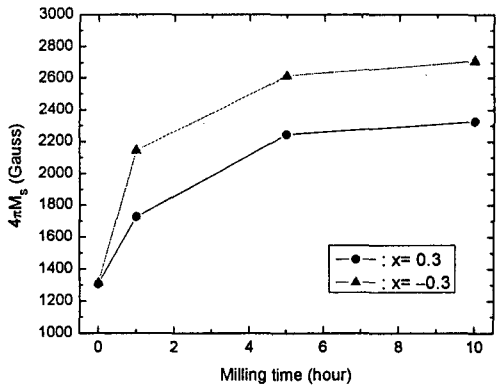

Fig. 2. Saturation magnetization of $Y_{3+x}Fe_{5-x}O_{12}$ ferrites obtained from powders after milling(sintered at 1400℃ for 10 h in air).

4. 참고문헌

[1] T. Murase and T. Nomura, Proc. ICF 8, 933(2000).

[2] H. J. Van Kook, J. Am. Ceram. Soc., 44(5), 213(1961).

[3] P. Rochmann, IEEE. Trans. Magn., MAG-11(5), 1247(1975).