

2(Y_{3-x}Bix)(Fe_{5-y}Al_y)O₁₂ 가네트의 x, y 변화에 따른 자기특성에 관한 연구

홍기원*, 박권화, 장경욱, 이준웅
광운대학교 전기공학과

(A Study on the Magnetic Properties of 2(Y_{3-x}Bix)(Fe_{5-y}Al_y)O₁₂ Garnet with the Variation of x, y Additions)

Ki-Won Hong*, Kwun-Hwa Park, Kyung-Uk Jang, Joon-Ung Lee
Dept. Electrical Eng. Kwang Woon Univ.

ABSTRACT

The mean grain size of sample decreases with increasing the addition of Al₂O₃ in the basic composition of YIG. It is mean that the addition of Al₂O₃ is helpless the development of magnetic properties in YIG garnet, considering the relation of $\mu \propto D^{1/3}$.

To increase addition of Al₂O₃ decreased the area of hysteresis loop. It is known that the addition of Al₂O₃ is help the development of magnetic properties in YIG garnet, considering the relation of loss component factor and the area of hysteresis loop.

As a results, sample with the addition of Al₂O₃ 0.5 mol % among the fabricated samples is most effective in the magnetic properties of YIG Garnet.

1. 서 론

일반적으로 가네트 재료는 높은 초 투자율과 낮은 전기적 손실을 갖고 있으며, 특히 고주파수 영역에서 높은 자기저항 특성을 나타내기 때문에 통신 소자로서 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 가운데 Yttrium-Iron-Garnet (YIG)는 고주파 기기에 사용할 목적으로 개발되어진 재료로서 그 특성을 향상시키기 위해서 첨가물의 영향을 평가하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

따라서, 본 실험에서는 YIG의 기본조성 2Y₃Fe₅O₁₂에 Al₂O₃를 적당량 치환시킴으로써 Al³⁺ 이온이 YIG의 자기적 특성에 미치는 영향을 보고하고자 한다.

2. 실험 방법

2-1. 시편제조

본 실험에서 사용한 시편은 그림 1과 같이 일반적인 세라믹 제조공정에 따라서 제조하였으며, YIG의 기본조성에 Al³⁺이온을 치환시켜 2(Y)(Fe_{5-y}Al_y)O₁₂의 조성을 갖도록 y의 량을 0, 0.5, 1, 1.5, 2 mol%로 변화시켜 일정 소결조건 (상승시간: 3000C/min, 유지시간: 2hr)에서 시편을 제조하였다. 시편의 형상은 특성 실험을 하기 위해서 디스크형과 코어형의 두가지로 제작하였다.

2-2. 측정

제조된 시편의 미세구조를 관측하기 위하여 SEM분석과 X-선 회절분석을하였다. 자기특성을 고찰하기 위하여 연마한 코어형 시편에 에나멜선으로 1차축 20 turn, 2차축 40 turn을 감아 주파수 1 kHz, 인가자장(H_a) 40 Oe에서 B-H곡선 측정을 하였으며, 40MHz에서 Impedence Analyzer(HEWLETT PACKARD사 모델명 4194A)를 이용하여 자기물리정수를 구하였다.

3. 실험결과 및 검토

그림 2는 각각의 시편에 대한 미세구조를 나타낸 것이다. 그림으로 부터 구한 시편의 평균입자 크기는 표 1과 같다. 그림 2 및 표 1에서 알 수 있는 바와 같이 시편에 Al₂O₃의 첨가량이 증가할수록 평균입자 크기는 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 이는 일반적인 가네트의 입자크기가 10 μm 내외인 것을 고려하면 시편 # 2의 특성이 가장 우수할 것임을 예측할 수 있다.

표 1. 시편의 평균입자 크기
Table. 1. Mean grain size of sample

	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5
평균입자크기 [μm]	17.65	13.33	6.42	7.25	2.14

그림 3은 시편 #1, #2 및 #3에 대한 B-H곡선을 보이고 있다. 이 곡선으로부터 자기 물리정수를 표 2와 같이 구할 수 있다. 표 2에서 알 수 있는 바와 같이 Al_2O_3 의 함량이 증가함에 따라 일반적으로 모든 자기물리정수의 값이 감소하였다.

표 2. 시편 #1, #2, #3, #4, #5에 대한 자기물리정수
Table. 2. Physical magnetic constant for the # 1, # 2, # 3, # 4 and #5 samples

		# 1	# 2	# 3	# 4
$f = 1 \text{ kHz}$ $H_a = 40 \text{ Oe}$	B_s	1073	766	383	179
	B_r	536	364	217	28.6
	H_c	1.44	1.28	1.2	1.6

높은 초 투자율(μ_i)과 작은 보자력(H_c)이 고주파용 재료에서 필수적으로 요구되기 때문에 제조된 시편 가운데 시편 # 2가 고주파 특성이 가장 우수하였다. 즉, 시편 #1은 큰 포화자속밀도(B_s)의 값이 갖지만, 보자력(H_c)의 값이 상대적으로 높기 때문에 고주파소자로서 적합하지 않았다. 시편 #3은 시편 #2에 비하여 포화자속밀도(B_s)가 크게 감소한 반면 보자력(H_c)의 값은 거의 일정한 값을 유지하고 있다.

4. 결 론

YIG의 기본조성 $2\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 에 Al_2O_3 를 치환 시킴에 따른 특성 변화를 고찰한 결과 다음과 같은 사실을 확인하였다.

- 1) Al_2O_3 의 함량이 증가함에 따라 시편의 평균입자크기가 감소한다. 이는 $\mu \propto D^{1/3}$ 의 관계를 고려해 볼때 Al_2O_3 의 치환이 YIG의 특성을 개선시키는데 별다른 기여를 하지 못함을 의미한다.
- 2) Al_2O_3 함량의 증가는 자기이력곡선의 면적을 감소시킨다.

이는 이력곡선의 면적이 손실을 나타낸다는 사실로 부터 Al_2O_3 의 치환이 재료가 지니고 있는 손실성분을 저하시켜 YIG의 특성을 개선시킬 수 있음을 의미한다.

위의 두 사실은 서로 상반되는 결과이며, 이로부터 다음과 같은 결론을 얻을수 있다. 즉, Al_2O_3 의 첨가량을 적절히 조절함으로써 YIG의 특성을 크게 개선시킬수 있으며, 그러한 효과를 얻을수 있는 적정 치환량은 0.5mol% 내외에 존재하는 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

1. Alex Goldman, " Modern Ferrite Technology ", Van Nostrand Reinhold (1990)
2. Cullity, " Introduction to Magnetic Material ", Addison-Wesley Publishing Company (1972)
3. Ronald F. Soohoo, " Microwave Magnetics ", Harper and Row Publishers. New York, pp.190-194 (1985)
4. Kiiti Siratori etc., " Low-Temperature phase of YIG and its first order magnetoelectric effect ", J. Appl. Phys , Vol.64 (10) (1988)
5. 平賀貞太郎, " フェライト ", 丸善株式會社 (1986)

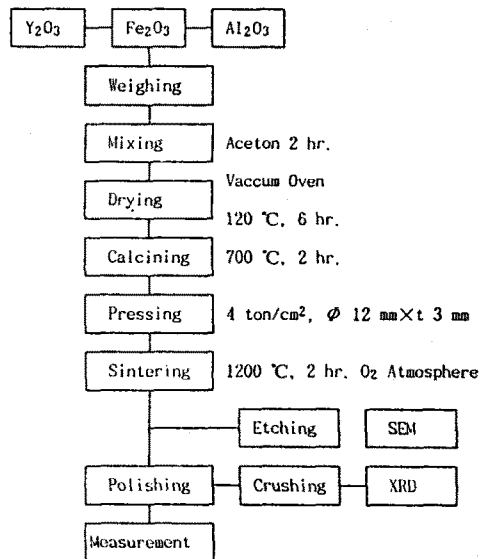
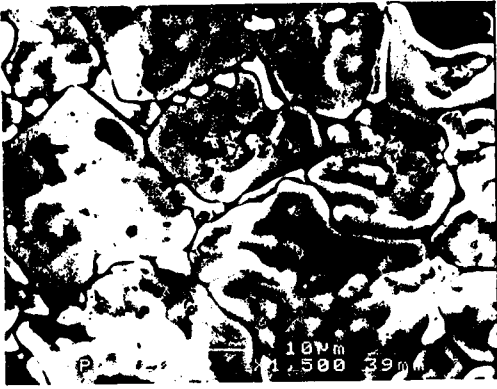
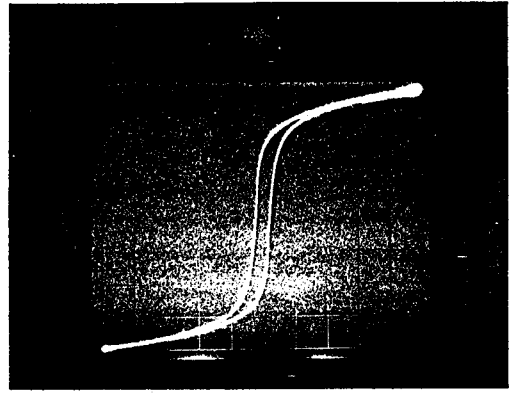


그림 1. 시편의 제조 및 실험 공정도
Fig. 1. The Diagram for fabrication of Samples and experimental procedure



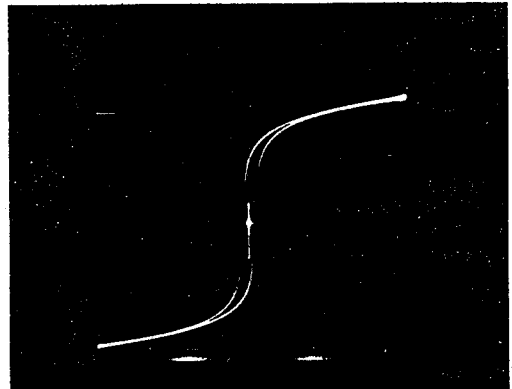
1 without the Al₂O₃



1 without the Al₂O₃



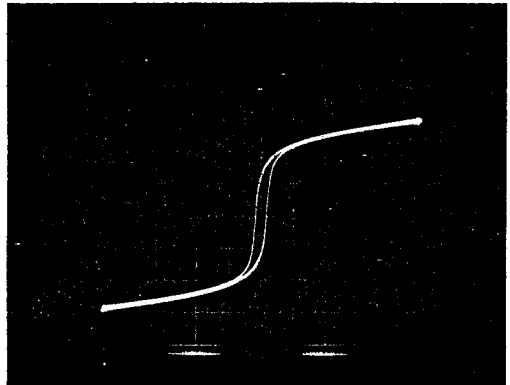
2 with the Al₂O₃ 0.5 mol%



2 with the Al₂O₃ 0.5 mol%



3 with the Al₂O₃ 1 mol%



3 with the Al₂O₃ 1 mol%

그림 2. 시편에 # 1, # 2 및 # 3에 대한 미세구조

Fig. 2. Microstructure for the # 1, # 2 and # 3 samples

그림 3. 시편 #1, #2 및 #3에 대한 B-H곡선

Fig. 3. B-H curves for the # 1, # 2 and # 3 samples