

유기결합제에 분산된 Bi-YIG 나노분말의 자기 광학 특성

인하대학교 이재욱*, 오재희

Magneto-Optical Properties of Bi-YIG Nanoparticles Dispersed in a Organic Binder

Inha University J. W. Lee*, J. H. Oh

1. 서론

자성가넷 박막은 가시광선 영역에서 큰 값의 페러데이 회전각을 갖고, 광흡수가 적어 우수한 자기광학 특성을 나타내는 재료로 널리 알려져 있다.[1]. 또한 가넷에 Bi를 치환하면 성능지수가 크게 증가하는 것이 알려져 있으므로 현재 연구개발의 초점이 Bi치환 가넷 박막에 모아지고 있다. 가넷박막을 제조하는 방법에 있어 종래에는 스퍼터링법, LPE법, 열분해법 등으로 연구되어 왔으나, 스퍼터링법과 LPE법의 경우 공정이 복잡하고 고가의 장치가 필요한 단점이 있으며, 열분해법의 경우에는 잔존하는 일부 분해가스로 인하여 박막이 다공질화 될 우려가 있다.[2]. 본 연구에서는 이러한 문제를 극복하는 방안으로, 초음파조사공침법으로 Bi-YIG 나노분말을 제조하여 유기결합제에 분산시킨 후 스펀코팅법으로 박막을 제조하였다. 한편 분말합성공정 중 조사되는 강력초음파는 국부적인 강한 에너지와 micro jet을 발생시켜, 용액내의 물리·화학적 반응을 촉진시키고 미세분말을 생성하는 것으로 알려져 있다.[3][4]

2. 실험방법

$\text{Bi}_{1.8}\text{Y}_{1.2}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 를 기본조성으로 하여, 출발원료는 고순도 시약급의 $\text{YCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, BiCl_3 를, 침전제로서는 NH_4OH 를 사용하였다. 화학 양론비에 맞게 칭량한 금속염들을 상온에서 두 시간 동안 질소가스를 불어넣어 용존 산소를 제거한 증류수에 용해시켜 금속혼합용액을 제조하였다. 상온에서 침전제(NH_4OH , pH=12.5)에 금속혼합용액을 정량펌프를 이용하여 6ml/min의 속도로 주입하면서, 동시에 초음파를 조사하였다. 금속혼합용액의 주입이 끝나면 H_2O_2 로 공침물내의 Fe^{2+} 이온을 Fe^{3+} 이온으로 산화시키고, 반응이 완결되면 침전물을 증류수와 에탄올로 수회 세척한 후, 여과하였다. 세척된 분말을 120°C에서 12시간동안 충분히 건조시킨 후, 550~700°C에서 4시간 하소하여 분말을 제조하였다. Fig.1.에 박막의 제조공정을 나타내었다. 분말을 바인더, 분산제, 용매 등의 유기물과 혼합한 후, 유성분밀에서 분산시켜 페이스트를 제조하였다. 제조된 페이스트를 회전속도 1500rpm에서 30초간 스펀코팅하여 박막을 제조하였다. 기판으로는 Corning eagle 2000 glass(20mm×20mm)를 사용하였다.

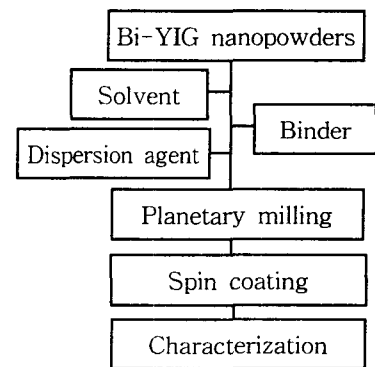


Fig. 1. Experimental procedure for preparation of Bi-YIG thin films by spincoating.

3. 결과 및 고찰

초음파조사공침하여 제조한 분말을 550~700℃에서 4시간 열처리하고 XRD, VSM으로 특성을 측정한다. 결과, 650℃에서 4시간 열처리한 분말이 자기광학용 분말로서의 특성이 가장 양호하였으며, 이 분말의 입자크기는 20nm이하, 포화자화값은 17emu/g 이었다. 이 분말을 선택하여 분말의 양을 5, 10, 20wt%로 하고, 분산시간을 각각 1~5시간으로 달리하여 스펀코팅법으로 박막을 제조하였다. Fig. 2는 분말의 양을 10wt%로 하고 분산시간을 1~5시간으로 변화시켜 제조한 박막의 SEM사진이다. 분산시간이 길어질수록 분말은 박막 내에서 점점 균일하게 분산되어집이 관찰되었다. 분말의 양이 증가함에 따라 박막의 광흡수와 페러데이 회전각이 증가하였으며, 자기광학특성은 410~520nm 사이의 파장에서 측정되었다. 또한 분말의 양과 분산시간에 상관없이 박막의 표면거칠기는 2nm이하로 균일하였고, 박막의 두께는 550nm정도였다. Fig. 3은 제조된 박막의 자기광학 성능지수를 나타낸 것이다. 분말의 양이 10wt%일 때 가장 우수한 성능지수가 관찰되었으며, 분말의 양이 20wt%인 경우 페러데이 회전각이 가장 컸지만 광흡수도 증가되는 이유로 성능지수값이 작게 나타났다.

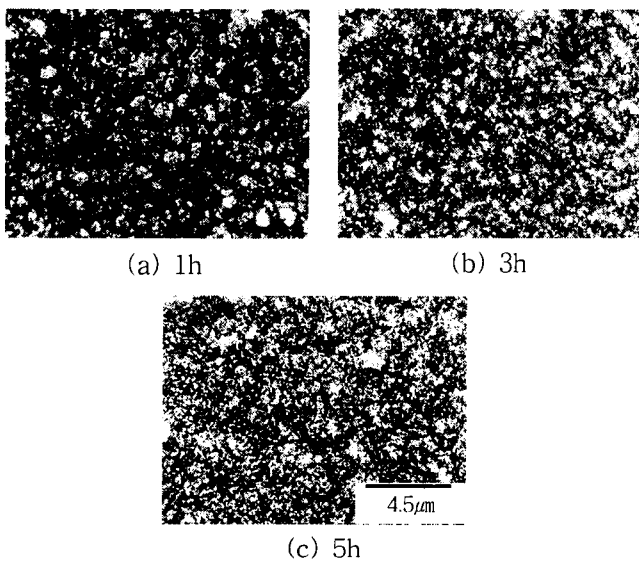


Fig. 2. SEM micrographs of Bi-YIG coated thin films prepared by various milling times. ; 10wt%

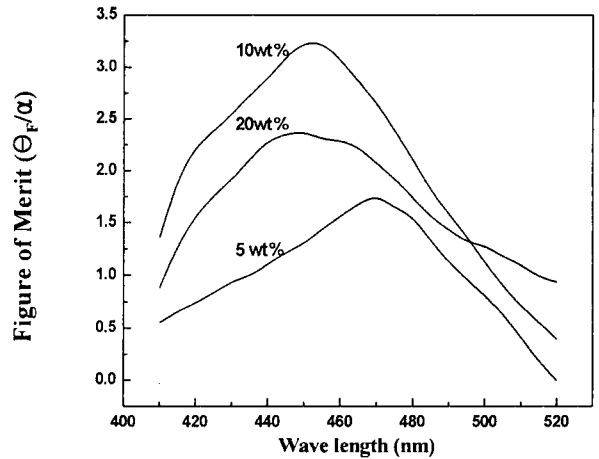


Fig. 3. Figure of Merit spectrum of Bi-YIG coated thin films. ; 5h milling.

4. 결 론

1. 초음파 조사 공침법으로 $\text{Bi}_{1.8}\text{Y}_{1.2}\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 나노분말을 제조하였다. 자기광학용으로 응용이 될 수 있는 가장 양호한 특성의 분말은 650℃에서 4시간 열처리한 분말로써 입자크기는 20nm 이하였으며, 포화자화값은 약 17emu/g을 나타내었다.
2. Spin coating 법으로 Bi-YIG 박막을 제조하였다. 410~520nm 사이의 파장에서 자기광학 특성이 관찰되었고, 성능지수는 0.5~3.2 사이의 값으로 자기광학용 device로의 응용 가능성이 확인되었다.

5. 참고문헌

- [1] Eiju Komura, Teruyoshi Hirano, Jpn. J. Appl. Phys., 33(7A), 3902(1994).
- [2] 남중희, 오재희, 요업재료의 과학과 기술, 7(3), 284(1992).
- [3] Dietmar Peters, J. Mater. Chem., 7(10), 1605(1996).
- [4] J. Mason, Advances in Sonochemistry, Vol.1(1990).