

## 마이크로파 소자용 단결정 YIG막의 성장과 특성

경상대학교, 항공기부품기술연구소,  
김 덕실\*  
조 재경

### FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF SINGLE CRYSTAL YIG FILMS FOR MICROWAVE DEVICES

Gyeongsang National University, RECAPT,  
D. S. KIM\*, J. K. CHO

#### 1. 서론

마이크로파 통신용 비가역 소자에는 세라믹법으로 제조한 소결체 YIG (Yttrium Iron Garnet,  $Y_3Fe_5O_{12}$ )가 사용되어 왔으나, 소자의 소형화 및 집적화를 위해 YIG 후막의 사용이 기대되고 있다. YIG 후막은 주로 LPE법으로 제조되는데, 비가역 소자에의 응용의 경우 요구되는 막후는 통상 20 ~ 100  $\mu\text{m}$ 이며, 이 중 자기공명을 이용한 소자의 경우에는 자기공명 선폭  $\Delta H$ 가 작을수록 좋고, 포화자화  $4\pi M_s$ 와 이방성자장  $H_A$ 는 사용되는 주파수에 따라 적정치로 제어할 필요가 있다. YIG막의 자기특성은 성장조건과 밀접한 관계가 있으나, 성장조건과 마이크로파특성과의 관계,를 구체적으로 언급한 논문은 YIG막의 지난 30여 년간의 오랜 연구 역사에 비해 극소수에 불과하다.

본 연구에서는 화학조성이 서로 다른 수 종류의 용융액을 이용하여, 성장온도를 달리하며 YIG막을 성장시킨 후, 성장조건에 따른 자기특성, 특히 자기공명흡수선폭과의 관계를 조사했다.

#### 2. 실험

막후 4 ~ 80  $\mu\text{m}$ 의 YIG막을 용융액으로부터 GGG ( $Gd_3Ga_5O_{12}$ , 지름: 1 inch) 기판위에 에피탁시 성장시켰다.  $R_1, R_3, R_4$ 는 통상 YIG막 성장시 사용하는 파라미터로, 각각

$$R_1 = \frac{Fe_2O_3}{Y_2O_3}, R_3 = \frac{PbO}{B_2O_3}, R_4 = \frac{Y_2O_3 + Fe_2O_3}{Y_2O_3 + Fe_2O_3 + B_2O_3 + PbO}$$

를 나타낸다.

Melt-1 과 2는  $R_1$ 과  $R_4$  값은 동일하고  $R_3$ 값만을 변화시킨 것이고, Melt-3 와 4 는 Melt-1과 비교할 때  $R_1, R_3, R_4$ 값을 모두 변화시켰다. 이와같이 Melt를 이용하여 성장온도, 800 ~ 880 $^{\circ}\text{C}$ 에서 약 60분 동안 YIG막을 성장시켰다.

성장시킨 YIG막은 화학조성, 격자상수, 자기히스테리시스를 각각 EDX, XRD(Cu K $\alpha$ ), VSM(20k Oe)을 이용하여 조사했다. 자기공명특성은 EPR를 사용하여 9.2GHz에서 막면에

수평하게 자장의 세기를 변화시키면 조사했다.

### 3. 결과 및 고찰

Melt가 녹는 온도는  $R_3$ 값이 증가함에 따라, 즉  $B_2O_3$ 의 양이 감소함에 따라 증가했고,  $R_1$ 값이 증가하면 과냉각용융액이 안정화되어 가넷의 석출 온도범위가 넓어졌다. 한편,  $R_4$ 값을 증가시키면 가넷막의 석출속도가 빨라져 막 성장속도가 증가했다. 일반적으로 막 성장속도는 과냉각온도  $\Delta T$ 가 클수록 증가했으며,  $\Delta T = 5^\circ C$ 의 경우에는  $0.3 \sim 0.5 \mu m/min$  이었으며,  $\Delta T = 30^\circ C$ 의 경우에는 Melt에 따라  $0.5 \sim 1.2 \mu m/min$ 이었다.

제조한 막을 XRD로 조사해 본 결과, 기판의 (4.4.4)라인과 막의 (4.4.4)라인이 겹치는 것으로부터 막이 기판상에 에피택시 성장한 것을 알 수 있었다. 또한 XRD라인으로부터 막의 격자상수를 계산한 결과 막과 기판과의 격자상수의 mismatch는 과냉각온도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이것은 과냉각온도가 증가하면 용융액의 점도가 커져 flux로 사용한 PbO가 막 중에 혼입되기 때문으로 생각된다.

막의 자기히스테리시스 루우프를 측정한 결과 제조한 막은 모두 자화용이축이 막면에 평행인 연자성 특성을 나타냈다. 막의 포화자화는 과냉각온도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였는데, 그 이유는 flux로부터 혼입된 불순물의 양이 증가하기 때문으로 생각된다.

제조한 막의 자기 공명흡수 반치폭  $\Delta H$ 는,  $\Delta T$ 가 증가함에 따라 직선적으로 증가했으며,  $\Delta T = 5^\circ C$ 에서 최소값 수 Oe를 나타냈다. 동일한  $\Delta T$ 에서는 Melt-3, 4 가 Melt-1, 2보다 작은 값을 나타냈다.

### 4. 결론

단결정 YIG막을 GGG기판상에 수 종류의 화학조성이 서로 다른 Melt를 사용하여 LPE 법으로 제조했다. 제조한 막의 성장속도, 격자상수의 mismatch, 포화자화 그리고 자기공명 흡수반치폭  $\Delta H$ 은 과냉각온도  $\Delta T$ 가 증가함에 따라 각각 증가, 증가, 감소 및 증가하는 경향을 보였다. 또한,  $R_1$ 값과  $R_4$ 값을 증가시킨 Melt의 경우, 동일한  $\Delta T$ 값에서의  $\Delta H$ 가 작은 것을 발견했다. 따라서, 양질의 마이크로파 비가역소자용 YIG 막을 제조하기 위해서는  $R_1$ 값과  $R_4$ 값이 큰 Melt를 사용하는 것이 유리하다는 것을 밝혔다.