

# 자기음향공명 측정법을 이용한 비정질 리본의 영률 측정

박수영<sup>1\*</sup>, 김철기<sup>1</sup>, 김동영<sup>2</sup>, 유권상

한국표준과학연구원 재료측정표준센터

<sup>1</sup>충남대학교 신소재공학부 재료공학과

<sup>2</sup>안동대학교 물리학과

## 1. 서론

자기변형(magnetostriction)은 자기탄성의 한 현상으로 강자성재료에 자기장을 인가할 경우 체적이 변화하는 현상을 말한다[1]. 특히 비정질 자성재료에 교류자기장을 인가할 경우 탄성파가 발생되고 자성재료의 길이( $l$ )에 비례하는 정상파가 형성된다. 이때 자기공명 주파수( $f_r$ )는 비정질 자성재료의 밀도( $\rho$ )와 영률( $E$  : Young's modulus)에 의존하게 되는데 이러한 자기공명 주파수를 측정하여 자성재료의 영률을 계산할 수 있으며 다음과 같이 표현할 수 있다[2].

$$E=4l^2f_r^2\rho \quad (1)$$

본 연구에서는 비정질 리본의 폭 변화 및 외부 자기장 세기에 비례하는 영률을 측정하고 이를 단원자 모델을 이용하여 분석하였다.

## 2. 장치구성 및 실험방법

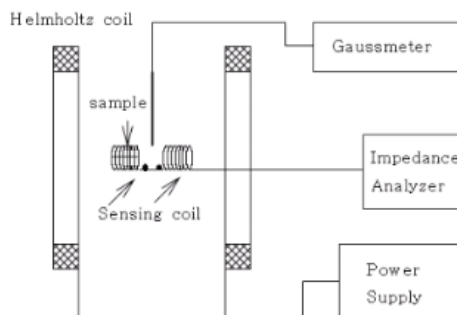


Fig. 1. Block diagram for measuring the magneto-acoustic resonance.

비정질 리본의 자기음향공명 신호를 측정하기 위하여 Fig. 1과 같이 임피던스 분석기(HP4224A)를 차동 모드로 권선된 코일에 연결한 후, 시편을 차동 모드로 권선된 코일에 삽입한 후 이를 헬름홀츠 코일의 중앙에 위치하게 하였다. 헬름홀츠 코일에 의하여 인가되는 DC 자기장은 가우스메타(Walker scientific MG-3G)로 측정하였다.

두께가 25  $\mu\text{m}$ 이고, 길이가 30 mm인 비정질 리본 (2605SC)을 폭 3 mm, 5 mm, 8.5 mm로 에칭하여 준비하였으며 DC 자기장을 0 Oe~19 Oe까지 인가하고, 임피던스 분석기를 이용하여 주파수 범위 40 kHz~50 kHz에서 발생하는 자기음향 공명 주파수를 측정하였다.

### 3. 결과 및 분석

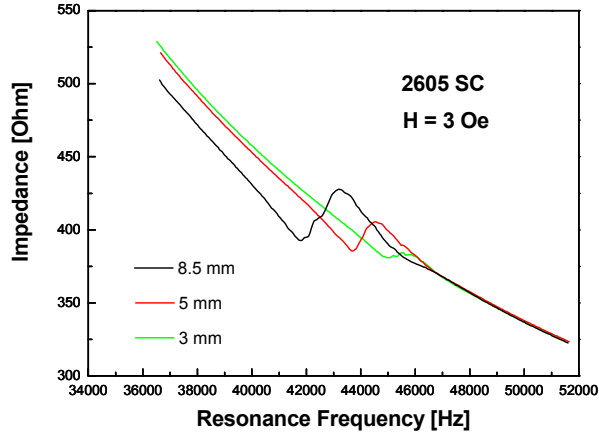


Fig. 2. Change of magneto-acoustic profile with respect to the amorphous ribbon width for 3 mm, 5 mm, and 8.5 mm.

Fig. 2는 3 Oe의 자기장을 인가하여 비정질 리본의 폭 변화에 따른 자기음향공명 신호의 파형을 보이고 있다. 시편의 폭이 넓을수록 시편에 인가되는 유효자기장이 낮아지기 때문에 자기음향 공명주파수가 낮아진다.

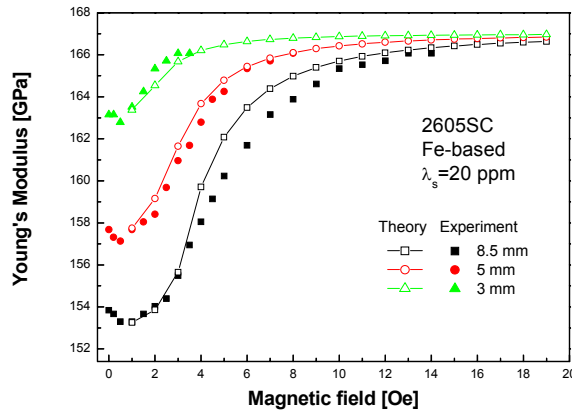


Fig. 3. Young's modulus change for magnetic field. Empty symbols are obtained by calculation of the single domain model.

Fig. 3은 인가자기장 변화에 따른 영률의 변화를 자기음향공명 주파수를 측정하여 계산한 결과와 아래 식과 같은 단원자모델을 사용하여 계산한 결과를 보이고 있다[2].

$$E(H) = \frac{E_s}{1 + f(\phi, \sigma, H) E_s} \quad (2)$$

$$f(\phi, \sigma, H) = \frac{\frac{9}{4} \lambda_s^2 \sin 2\phi \nu_{\perp}(\sigma)}{H_{eff} M_s \cos \phi + 3 \lambda_s \sigma_i \cos 2(\phi - \beta) - K_{\perp} \cos 2\phi} \quad (3)$$

여기서,  $E(H)$ 는 자기장하에서의 영률,  $E_s$ 는 포화된 자성체에서의 영률이다.  $H_{eff} = H_{app} - N_d M$ 는 유효자기장으로  $H_{app}$ 는 외부인가 자기장,  $N$ 은 반자장 상수,  $M$ 은 자화이다.  $\varphi$ 는 시편의 자화와 내부 자기응력사이의 각,  $\beta$ 는 시편의 자화와 인가자기장 사이의 각이다.

인가자기장이 증가함에 따라 영률이 증가하는 것과, 시편의 폭이 넓어질수록 시편에 인가되는 유효자기장이 감소하여 영률이 감소하는 결과를 볼 수 있으며, 단원자 모델로 계산한 결과와 비교적 잘 일치하며 인가자기장이 증가함에 따라 포화자성체의 영률( $E_s$ )로 수렴함을 Fig. 3에서 확인할 수 있다.

#### 4. 결론

비정질 리본(2605SC)의 자기음향공명 주파수가 리본의 폭이 증가함에 따라 낮아지게 되며, 인가 자기장 변화에 따른 리본의 영률은 인가자기장이 증가함에 따라 증가하고, 리본의 폭이 감소함에 따라 증가하였다. 이는 시편의 반자장 상수와 관련된 유효자기장에 의존된 결과로 시편의 반자장 상수를 고려한 단원자 모델로 계산결과와 비교한 결과 비교적 잘 일치함을 확인하였다.

#### 5. 참고문헌

- [1] S. Chikazumi, Physics of Magnetism, New York, John Wiley & Sons, Inc., pp. 161~185, (1964).
- [2] D. Y. Kim, *et al.*, J. Appl. Phys., 81.(8), 15 (1997).