

레이저 스크라이빙에 따른 3% SiFe의 투자율 스펙트럼 측정

선문 대학교 장길재*, 김철기, 안승준, 김호철
 안동대학교 윤석수
 포항제철 종합연구소 차상윤, 장삼규

Permeability spectra in laser scribed 3% SiFe

SunMoon University K. J. Jang, C. G. Kim, S. J. Ahn, H. C. Kim
 Andong Natl University S. S. Yoon
 POSCO S. Y. Cha, S. K. Chang

1. 서론

펄스형 Q-switched Nd:YAG 레이저를 이용하여 3% SiFe를 스크라이빙후 자기손실 및 투자율 스펙트럼을 측정하였다. 근래 자기손실 향상을 위한 자구미세화는 두가지 방법에 의해 연구되고 있다. 즉, 하나는 방향성 3% SiFe에 MgO 박막을 적층하여 압연방향으로 적당한 장력을 부여함으로써 철손을 개선하는 방법이고 또 하나는 압연방향과 직각방향으로 레이저 스크라이빙에 의해 자구를 미세화하여 자기특성을 개선하는 방법이다. 본 연구에서는 펄스형 Q-switched Nd:YAG 레이저를 이용하여 3% SiFe에 레이저 빔을 조사하여 여러 가지 형태의 스크라이빙을 한후 자기손실과 투자율 스펙트럼 특성을 측정하였다.

2. 실험 방법

세로 15 mm 가로 120 mm 두께 0.3 mm의 3% SiFe를 펄스형 Nd:YAG 레이저를 이용하여 에너지 $E = 110.4 \text{ J/pulse}$ 로 5 mm간격으로 약 375 point 스크라이빙 하였다. 본 실험에서 사용된 레이저는 repetition rate가 1~25 Hz인 펄스형 Q-switched Nd:YAG 레이저로서 rod의 크기는 $\phi 5 \text{ mm} \times 70 \text{ mm}$ 이며 Kr-lamp로 pumping하였다.

투자율 스펙트럼은 사각 솔레노이드를 이용하여 HP4192A 임피던스 분석기를 사용하여 측정하였고 시료에 인장응력을 가하여 투자율 스펙트럼 변화도 측정하였다. 측정주파수는 1 kHz ~ 10 MHz 이다. 사각 솔레노이드에 인가되는 자기장, h_0 는 측정하는 동안 소프트 웨어적으로 feedback 시켜 주파수 변화가 변해도 일정한 전류를 인가할수 있도록 하였다.

3. 결과 및 논의

그림 1은 SiFe의 [001]방향으로 인가된 h_0 에 따른 투자율 스펙트럼을 보여주는데, h_0 가 0.99 mOe 미만인 경우 가역적인 자화에 의한 이완특성이 나타나고, h_0 가 0.99 mOe 이상인 경우 비가역적인 자구운동에 의한 이완특성이 중첩되어 나타난다.

스크라이빙후에 투자율은 약간 증가하였고 이완 주파수는 자벽 이동에 의한 것은 증가 자구회전에 의한 것은 약간 감소하였다. 자벽 이동에 의한 이완 주파수의 증가는 스크라이빙에 의해 생긴 시료내의 결함이 pinning point로 작용하였기 때문이라고 사료된다.

그림 2(a), (b)는 응력에 따른 실수부 투자율의 변화이다. 그림 2(a)에서 보는 것과 같이 투자율은 스크라이빙을 한 시료와 안한 시료 모두 응력이 인가되면서 약간 감소하였다가 $\sigma = 4.845$ MPa일 때 다시 증가하였다. 그림 2(b)에서 스크라이빙을 한 시료와 안한 시료 모두 응력이 인가되면서 자벽 이동에 의한 이완 주파수는 서서히 증가하고 자구회전에 의한 이완 주파수는 서서히 감소하는 것을 알 수 있다.

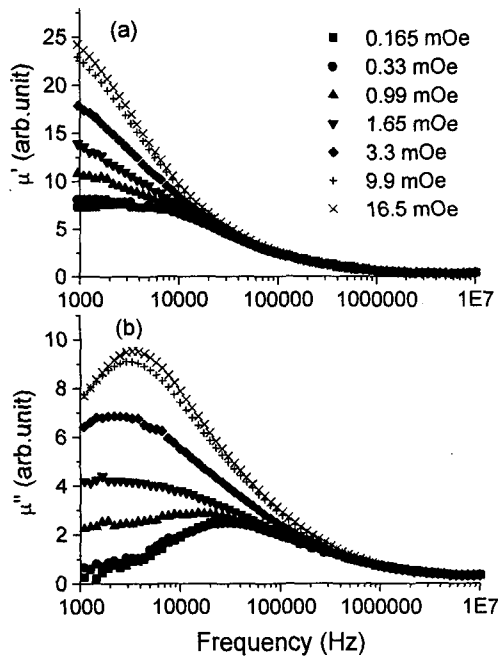


그림 1. 3% SiFe의 h_0 에 따른 투자율 스펙트럼.

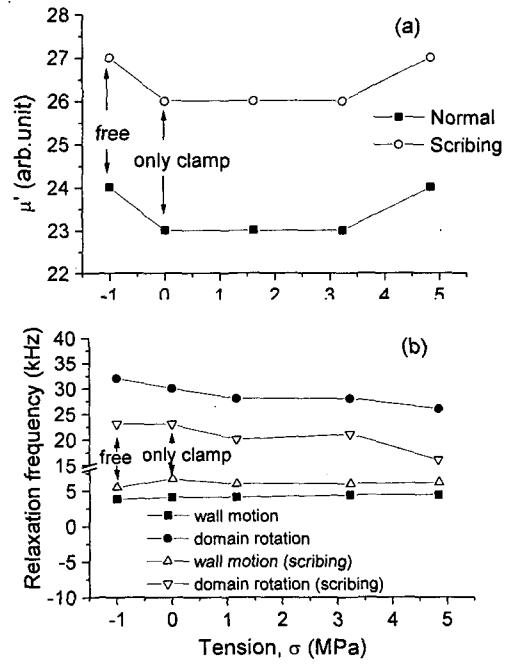


그림 2. 응력에 따른 (a) 실수부 투자율 및 (b) 이완주파수.