

Co_{68.15}Fe_{4.35}Si_{12.5}B₁₅ 비정질 wire의 주파수와 dc-biased 전류에 따른 거대교류자기저항 특성

충북대학교 송선호*, 류길호, 유성초
 선문대학교 김철기

GMI CHARACTERISTICS IN CURRENT-BIASED Co_{68.15}Fe_{4.35}Si_{12.5}B₁₅ AMORPHOUS WIRE

Chungbuk National University S. H. Song*, G. H. Ruy, Seong-Cho Yu
 Sunmoon University Cheol Gi Kim

1. 서론

교류자기저항(Magneto-impedance : MI)효과는 고투자율 재료에 고주파의 전류를 흘려주면 전류 방향으로 가해진 외부 자기장과 전류의 주파수에 대하여 임피던스가 민감하게 변화하는 전자기 현상으로 MI효과는 자기저항(Magneto resistance) 효과에 비하여 훨씬 낮은 자기장(± 50 Oe 이내)에서 거대자기저항(Giant magneto-resistance)효과 보다 훨씬 큰 교류자기저항의 변화를 보이면서 통전전류가 매우 적어 고감도성 자기 센서로 유망하다.[2] 시료의 자구 구조는 자기장이나 스트레스를 가하여 열처리하는 조건에 따라 개선할 수 있는데 본 연구에서는 자기장이나 열처리가 아닌 시료의 길이 방향으로 dc-biased 전류를 흘려주고 주파수에 따라 임피던스를 측정함으로써 거대교류자기저항의 변화를 조사하였다.

2. 실험 방법

Co_{68.15}Fe_{4.35}Si_{12.5}B₁₅ 비정질 wire를 4단자 법으로 측정하였는데, 외부자기장(± 25 Oe)에서 wire에 교류 전류를 흘려주고 주파수를 100 kHz에서 10 MHz까지 변화시키면서 임피던스를 측정하였다. 같은 조건에서 시료의 길이 방향으로 dc-biased 전류, I_b 를 주고 또한 시료에 I_b 의 방향을 반대로 하여 각각 주파수에 따라 교류자기저항을 측정하였다. 단, I_b 는 시료의 온도가 증가하지 않을 만큼 충분히 작은 전류를 흘려주었다.. (전류 밀도가 1Amm⁻² 미만) [3]

3. 실험결과 및 고찰

외부 자기장내에서 교류전류를 시료에 흘려주면 (dc-biased 전류, $I_b = 0$) 주파수가 100 kHz정도의 저주파에서는 GMI profile이 단일 peak을 보이고, 1 MHz이상의 고주파 영역에서는 대칭적인 두 개의 peak을 보인다. 그러나 시료에 dc-biased 전류를 흘려주면 비대칭적인 두 개의 peak으로 바뀐다. 그리고 bias전류의 방향이 반대가 되면 비대칭 peak의 임피던스 크기가 역전하는 것을 볼 수 있다. 일정한 주파수에서 dc-biased 전류, I_b 가 0.85mA에서 4.25mA까지 증가함에 따라 peak의 비대칭화가 심해지고 비대칭 peak간의 임피던스 차는 증가한다. 그러나 I_b 가 4.25mA이상으로 증가하면 peak간의 임피던스 차가 감소한다. 일정한 I_b 에서 주파수가 증가함에 따라 비대칭 peak간의 임피던스 차가 감소하였다. field-sensitivity는 주파수가 100kHz에서는 I_b 가 3.4mA일 경우 가장 좋으며, 500kHz이상에서는 I_b 가 12.8mA일 경우에 가장 좋다.

4. 결론

거대교류자기저항(Giant magneto-impedance)효과는 자벽운동(domain wall motion)과 자구회전(spin rotation)에 의한 자화과정을 통해 발생하는 거대교류자기저항 변화이다. 시료의 자화과정은 고주파 영역에서는 자구회전에 의한 자화가 지배적이고, 저주파에서는 자벽운동에 의한 자화가 지배적이다. 그림1의 (a), (b)는 자화가 자벽운동이 지배적인 100 kHz에서 시료에 길이 방향을 흘려준 dc-biased전류, $I_b = 0$ 일 때 GMI profile은 단일 peak을 보이는데 $I_b \neq 0$ 일 경우에는 단일 peak이 비대칭의 두 개의 peak로 변화하는 것을 볼 수 있다. 이것은 자벽운동이 특정 방향으로 억제된 것이다. 그림1의 (b), (c)에서는 dc-biased전류의 방향을 반대로 하면 억제방향 또한 반대가 되어 peak의 크기가 역전함을 볼 수 있다. 일정한 dc-biased전류에서 주파수가 증가함에 따라 peak간의 임피던스 차가 감소하는 것으로 고주파영역일수록 자벽운동에 의한 자화보다 자구회전에 의한 자화가 지배적이라는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 시료에 걸어준 dc-biased 전류에 의해 wire중심으로부터 거리에 따른 자기 이방성이 생기고, 유도된 helical field에 의해 원형 방향의 자벽운동이 억제되고 이것이 투자율에 영향을 주어 비대칭 특성을 보인다. [1]

5. 참고문헌

- [1] M. L. Sanchez, R. Valenzuela, M. Vázquez, A. Hernando, J. Mater. Res. vol.11, No.10 (1996) 2486-2489
- [2] M. Vázquez and A. Hernando, J. Phys. D: Appl. Phys 29 (1996) 939-949
- [3] M. Vázquez, M. Knobel, M. L. Sánchez, R. Valenzuela and A. P. Zhukov, Sensors and Actuators A 59 (1997) 20-29

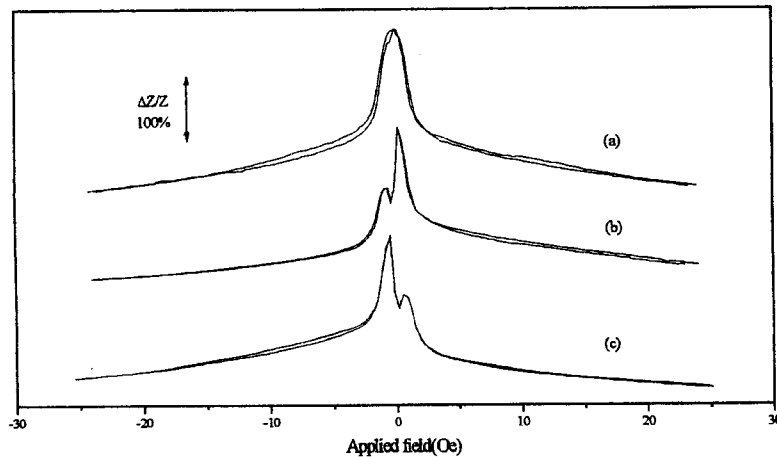


그림 1 GMI profiles of $\text{Co}_{68.15}\text{Fe}_{4.35}\text{Si}_{12.5}\text{B}_{15}$ amorphous wire for dc-biased currents. (a) $I_b = 0$, (b) $I_b = 3.4\text{mA}$, (c) $I_b = -3.4\text{mA}$