

Py(Permalloy)/Cu 다층막의 Wheatstone Bridge형 GMR소자

고려대학교 염민수, 변상진, 장인우, 박병기, 이제형, 이궁원\*

Wheatstone Bridge Type GMR device of Py/Cu Multilayer

Korea Univ. M.S.Youm, S.J.Byeun, I.W.Jang, P.K.Park, J.H.Lee, K.W.Rhie\*

1. 서론

최근 들어 자기장 센서로서 GMR소자의 개발에 관심이 커지고 있다. 그러나 MR센서는 자화가 포화되어도 갖게되는 저항 값 ( $R_S$ )이 있어 이 저항값을 보정해 주어야 하는 번거로움이 있어 사용에 불편하다. 따라서 원천적으로  $R_S$  값이 0이 되는 회로의 구성으로 소자를 제작할 경우 센서로서의 효용이 크다. Wheatstone Bridge 형태로 소자를 구성할 경우 두가지 이점을 볼 수있다. 첫째, 포화자화에서의 저항 값을 보상하여주는 회로를 덧붙일 필요가 없으며, 둘째, 소자의 출력신호를 키울 수 있어 감도를 높일 수 있다. 세째, 소자의 기하학적 구조와 이방성의 적절한 배치로 인가 자기장의 방향에 따른 감도의 변화를 유도하여 방향성 소자로 활용할 수 있다. 이에 Permalloy와 Cu로 이루어진 다층막을, Wheatstone Bridge 형태로 에칭하여 만든 센서의 인가 자기장에 대한 MR 특성을 조사하였다.

2. 실험방법

Substrat (Glass) /  $Ni_{83}Fe_{17} - 30\text{\AA}$  /  $[Cu - 20\text{\AA}/Ni_{83}Fe_{17} - 30\text{\AA}]_{50}$  다층박막을 상온에서 double face-to-face 스퍼터법에 의해 제작하였다. 시료는 Poland의 Polish Academy of Sciences에서 제작되었다. Py층간의 간격은 2차 반자성 결합을 형성하기 위해 비자성층의 두께를 2nm(Cu층의 두께)로 했다. Py와 Cu의 평균 두께 측정은 XRF(X-ray fluorescence)를 이용하였다[1]. 500  $\mu A$ 의 전류를 흘려준 다음 MR과 전압차이를 4단자 법으로 Lock-in amplifier를 이용하여 측정하였다. 시료를 그림 1과 같이  $R_2, R_3$ 는 자화용이축(EA)가 되고  $R_1, R_4$ 는 자화곤란축(HA)이 되도록 에칭하여 마주보는 두 단자를 전류단자로 나머지 두 단자를 측정용 전압 단자로 이용하였다. 자화곤란축 단자는 반강자성 결합, 자화용이축은 강자성 결합인 이상적인 경우 전압 단자에 측정되는 전압 신호는 다음과 같이 정리할 수 있다.

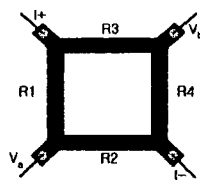


Fig. 1. Etched Wheatstone Bridge type GMR device

$$\begin{aligned}
 R_1, R_4 &: R_{SAT} & R_2, R_3 &: R_{MAX} \\
 R_{MAX} &= R_{SAT} + \Delta R & MR &= \frac{\Delta R}{R_{SAT}} \times 100(\%) \\
 V_{ab} &= V_a - V_b = \frac{I}{R_{TOT}}(R_2 R_3 - R_1 R_4) \\
 &\cong \frac{1}{2} \left( \frac{MR}{MR + 100} \right) V_S \\
 R_{TOT} &= R_1 + R_2 + R_3 + R_4
 \end{aligned}$$

### 3. 실험결과 및 고찰

Wheatstone Bridge를 예칭한 같은 기판의 일부는 그 시료의 MR 특성을 측정하기 위하여 길이방향으로 예칭하여 MR 곡선을 얻었고, 이를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 3은 Wheatstone Bridge형 소자에 자화용이축 방향으로 자기장을 가하며 인가자기장의 크기에 따른 소자의 전압변화를 측정한 것이다. 각도의 변화에 따라 소자의 MR특성에 변화가 일어났다. 가장 큰 감도 및 전압 크기의 변화는 자화용이축 방향으로 자기장이 인가되었을 때 였으며, 가장 작은 전압변화는 외부자기장이 자화곤란축 방향으로 인가

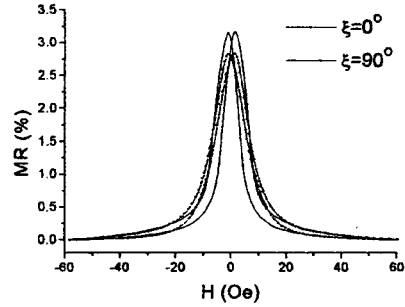


Fig. 2 : MR diagram of Py/Cu multilayer with current in hard direction

되었을 경우이다. Fig. 4에서 자화곤란축방향으로 작은 전압신호를 갖게되는 이유는 용이축 방향 저항과 곤란축 방향 저항 모두다 자화반전이 스핀 회전에 의한 방법으로 진행되므로 두 저항의 차가 생기는 구간이 거의 없다. 반면 Fig. 3의 경우에는 자화용이 축으로 자기장이 인가되었으나 단자의 길이와 폭의 비율이 10:1이 되어 형상이방성에 있어, 곤란축 방향의 단자의 경우 외부 자기장이 더욱 큰 경우에 자화 반전이 시작되어 그 사이 용이축과 곤란축 방향의 단자들 사이에 저항차가 발생하게 된다.

### 4. 결론

Wheatstone Bridge형의 GMR소자는 걸어준 자기장에 대해 각도에 따른 변화폭이 크므로 자기 센서로서의 유용성이 크다.

### 5. 참고문헌

- [1] F.Stobiecki, T.Lucinski, J.Dubowik, B.Szymanski, M.Urbaniak, M.Schmidt Electron Technology 31 (1998) 80
- [2] K.Y. KIM, W.E. Booji, R.W. Moseley, Z.H. Barber, M.G. Blamire and J.E. Evetts GMR Multilayer device with ring type bridge structure

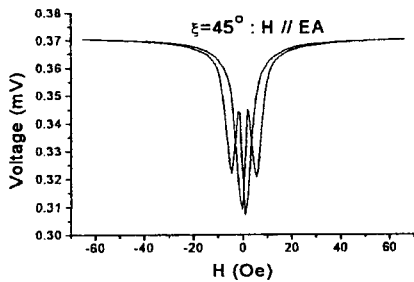


Fig. 3 : Output signal of Wheatstone Bridge type device with applied field // easy axis

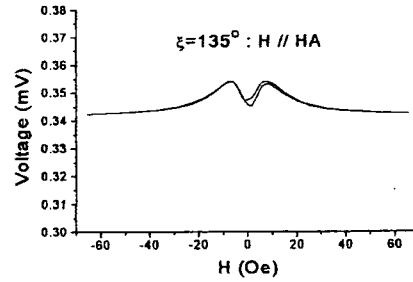


Fig. 4 Output signal of Wheatstone Bridge type device with applied field // hard axis