

## Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 소결체의 자기저항효과 및 감도개선에 관한 연구

한국전기연구소 김익준\*, 이희웅

### A study on Magneto-Resistance Effect and Sensitivity Enhancement of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Sintered Bodies

Korea Elettrotechnology Research Institute I. J. Kim\*, H. W. Lee

#### 1. 서론

최근에 주목을 받고 있는 tunneling type 자기저항(TMR)의 tunneling site로서는 자성체간에 위치한 절연층과 자성체 입계<sup>1,2)</sup>로 대별할수 있다. 전자의 경우 nano size를 제어하는 관점에서 주로 박막에 한정되나 후자의 경우는 제조방법에 민감하지 않고 최적의 조건하에서의 제조한 산화물 소결체에서도 자기저항효과를 얻을 수 있음을 시사한다.

본 연구에서는 각각의 조건을 달리하여 제조한 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 분말을 이용하여 소결한 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 소결체의 자기저항효과를 조사하였고 감도개선의 목적으로 Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>를 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 소결체의 양단에 배치시킨 복합형상구조에 관해 조사하였다.

#### 2. 실험방법

시판의 순도 99.9%인 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 분말을 진동볼밀에 장착후 Ar 또는 Ar+ethyl alcohol 분위기중에서 150 시간 밀링을 행하였다. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 소결체는 통전가압소결(SPS)법을 이용하여 100MPa의 압력하에서 300~800℃의 온도에서 소결하였다. 소결체로부터 적정의 크기로 절단한 시험편을 이용하여 X선회절을 통해 결정구조를 관찰하였고 자화곡선은 진동시료형자력계(VSM)를 이용하였다. 자기저항측정은 직류4단자법으로 측정하였다. 이들 측정은 실온에서 행하였다.

#### 3. 실험결과

그림 1은 각각의 조건을 달리하여 제조한 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 분말을 이용하여 500℃에서 소결한 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 소결체의 MR 곡선을 나타낸다. A는 단순 밀링한 분말, B는 밀링후 200℃의 대기중 열처리를 행한 분말, C는 Ar+ethyle alcohol 분위기중에서 밀링한 분말을 이용한 결과로 A에 비해 B의 MR비 증가는 200℃의 열처리시에 혼입된 α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>에 의한 것으로 사료되고, C의 증가는 밀링시 입자의 미세화에 의한 것으로 사료된다. 이들 시료들의 I-V곡선을 측정한 결과 비선형성을 나타내는 것으로부터 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 소결체의 자기저항효과는 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 입자들간의 tunneling 에 기인하는 것으로 고찰할 수 있다. 지금까지의 실험결과 C

시료에 있어서 최대 8%의 MR비가 얻어지나 tunneling 장벽의 높이, 두께의 편차가 존재하기 때문에 자계에 대한 자기저항 감도는 좋지 않다.

그림 2는 소결체의 자기저항 감도를 개선할 목적으로 그림 1 C 소결체의 양단에  $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$ 의 연자성체를 배치시킨  $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$  복합형상시료의 MR곡선을 나타낸다. 복합형상시료는 100 Oe의 외부자계에서 4%의 MR비가 얻어지고 이는 그림 1 C에 비해 약 20배 증가한 결과를 나타낸다. 이 구조에서 자기저항 감도의 개선인자로서는 연자성체의 투자율, MR 자성체의 간격, 연자성체와 MR 자성체의 접촉면적비, 형상에 따른 반자계등으로 이들 인자들을 이용하여 계산한 결과는 실험결과와 일치하였다.

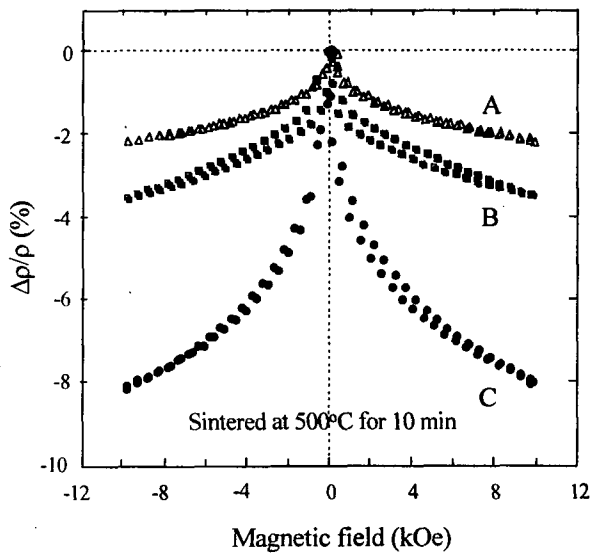


Fig. 1. MR curves of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  bulks sintered at  $500^\circ\text{C}$  using the powers prepared at various condition

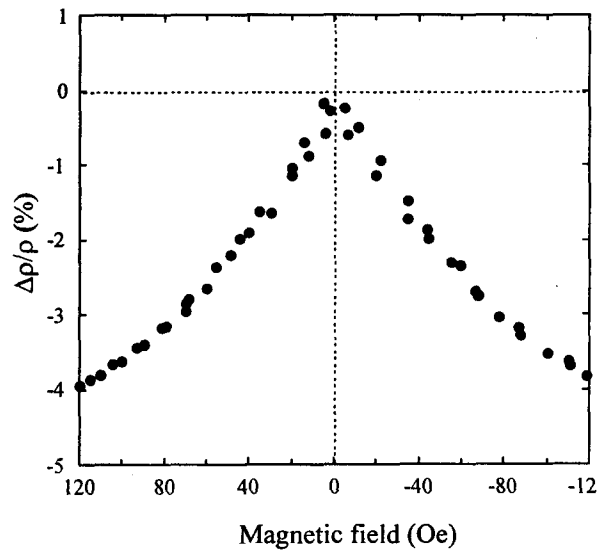


Fig. 2 MR curve of  $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$  bulk

#### 4. 결론

$\text{Fe}_3\text{O}_4$  소결체의 자기저항거동은 입자의 크기 및 계면의 상태와 밀접한 관계가 있으며, 연자성체와의 복합형상체의 자기저항 감도는 상기 인자들을 조절하면 수 Oe 에서 동일한 MR비가 얻어질수 있음을 시사한다.

#### 5. 참고문헌

- [1] H. Y. Hwang, S. W. Cheong, N. P. Ong and B. Batlogg, *Phys Rew Lett*, **77**, 2041 (1996).
- [2] J. M. D. Coey, *J. Appl. Phys.*, **85**, 5576 (1999)