

## Co-Cu 과립막의 거대자기저항 현상에 관한 연구

서울대학교  
동북대학

박 주욱\*, 주 승기  
K.Takanashi, T.Sugawara, H.Fujimori

A Study on the Giant Magnetoresistance  
of Co-Cu Granular Films

Seoul National University Joo-Wook Park\*, Seung-Ki Joo  
Tohoku University K.Takanashi, T.Sugawara, H.Fujimori

## 1. 서 론

최근 인공초격자가 아닌 Co-Cu, Co-Ag, Fe-Ag 등의 과립막(granular film)에서도 거대자기저항(GMR) 현상이 발견되어 주목을 받고 있다<sup>1)2)</sup>. 그러나 과립막의 미세구조와 거대자기저항 현상의 관계는 아직 명확하게 밝혀져 있지 못한 상태이다. 본 연구에서는 Co-Cu 과립막을 스퍼터링으로 형성하고, 투과전자현미경(TEM)과 핵자기공명법(NMR)을 사용하여 과립막의 거대자기저항에 영향을 줄 수 있는 세 가지 인자인 석출입자 크기, 입자간 거리, 계면에서의 조성 분포를 조사하여 이들로부터 과립막의 거대자기저항의 조성 의존성에 대해 고찰하였다.

## 2. 실험 방법

Co-Cu 과립막은 고주파 스퍼터링으로 실리콘 기판 위에 형성하였다. 스퍼터링 중 기판은 약 100°C로 상승하였다. 조성은 구리 타겟 위에 얹은 코발트 조각 수를 달리함으로써 변화시켰으며, 그 값은 발광분광계(ICP)로 분석하였다. X선 회절(XRD) 분석으로부터 모든 조성에 대해 fcc 단일상이 형성되었음을 확인하였으며, 미세조직은 투과전자현미경으로 관찰하였다. 핵자기공명은 1.5K 또는 4.2K, 무자장하에서 100~250 MHz 범위에 대한 <sup>59</sup>Co 스핀-에코우 스펙트럼을 얻어서 분석하였다. 자기저항은 4 탐침법으로 측정하였으며, 자장은 초전도 자석으로 140kOe까지 변화시켰다. 자화값은 초전도양자간섭계(SQUID)를 사용하여 ±5.5 kOe 범위에 대해 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

Co-Cu 과립막의 코발트 조성 변화에 따른 자기저항의 변화를 그림 1에 나타내었다. 자기저항은 코발트 함량이 약 20 at%인 영역에서 최대값을 가졌다. 투과전자현미경 분석으로부터 코발트 석출물을 모든 조성에서 관찰할 수 있었으며, 입자 크기는 넓은 분포를 가지고 있었다.

이러한 코발트 석출물의 입자 크기를 통계적으로 구한 것을 그림 2에 나타내었다. 석출물의 크기와 분포는 코발트 조성에 관계없이 거의 일정하게 나타났다. Co-Cu 과립막의 핵자기공명 스펙트럼 분석 결과, 217 MHz 부근에서 순수한 코발트 금속의 면심입방정에 해당하는 주 첨점 (peak)이 나타났으며, 210 MHz 이하에서는 최인접 원자 자리에 존재하는 구리 원자로 인해 내부자장이 줄어든 코발트의 신호가 나타났다. 이러한 경향은 코발트 조성에 관계없이 일정하였으며, 이는 코발트 석출물의 계면이 비교적 불명확하기 때문이다.

투과전자현미경과 핵자기공명 분석으로부터 석출물 입자 크기와 계면에서의 조성 분포는 조성에 무관함을 확인하였다. 따라서 입자간 거리, 즉 석출물의 밀도만이 조성에 따라 변화하는 인자로 작용하며, 자기저항이 최대가 되는 최적의 입자간 거리값이 존재함을 알 수 있다. 저농도 영역에서는 석출물 밀도가 클수록 전도 전자가 산란을 일으키는 영역이 많아지므로 농도가 커질수록 자기저항이 증가하게 되지만, 석출물 밀도가 어느 이상 커지면 강자성 상호작용이 지배적으로 되면서 자기저항이 감소하는 것으로 생각된다.

#### 4. 결론

고주파 스퍼터링으로 형성한 Co-Cu 과립막은 코발트 조성이 약 20 at%인 영역에서 최대 자기저항값을 가졌다. 코발트 조성이 증가함에 따라 평균 코발트 석출물 크기와 계면에서의 농도분포는 변화가 없었으며, 코발트 석출물간 평균거리는 감소하였다. 조성에 따라 자기저항이 최대가 되는 조성이 존재하는 이유는 코발트 석출물간 평균거리에 최적값이 존재하기 때문으로 생각된다.

#### 5. 참고문헌

- [1] A.E.Berkowitz, J.R.Mitchell, M.J.Carey, A.P.Young, S.Zhang, F.E.Spada, F.T.Parker, A.Hutten, and G.Thomas, *Phys.Rev.Lett.*, 68, 3745 (1992).
- [2] J.Q.Xiao, J.S.Jiang, and C.L.Chien, *Phys.Rev.Lett.*, 68, 3749 (1992).

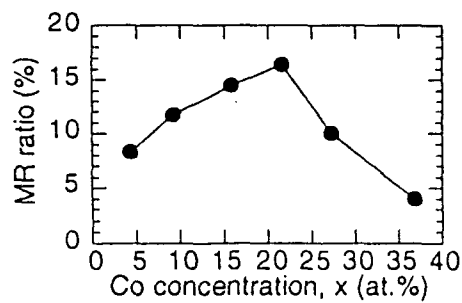


Fig. 1. Magnetoresistance ratio as a function of Co-Ag granular film composition.

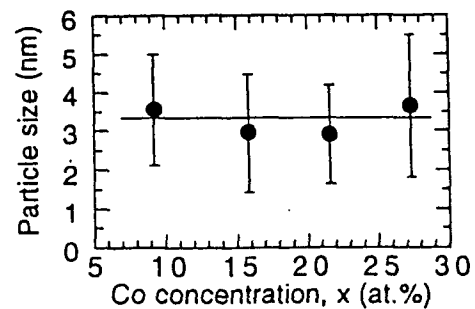


Fig. 2. Cobalt particle size as a function of Co-Ag granular film composition.