

Au-Cu 합금 back layer층이 스핀밸브 특성에 미치는 영향

강재용*, 인장식, 김상훈, Ajay tiwari, 홍종일

연세대학교 공과대학 신소재공학과 서울특별시 서대문구 신촌동 134, 120-749

1. 서론

스핀밸브(spin valve)는 거대자기저항(Giant magnetoresistance, GMR)의 고감도와 작은 잡음으로 인하여 하드디스크 재생헤드의 핵심기술로 사용되고 있다 [1]. 거대자기저항비(또는 막저항 변화)는 스핀밸브의 성능에 직접적으로 관여하고 있기 때문에 스핀밸브 헤드의 성능을 평가하는데 중요한 요소다. 스핀밸브의 성능을 향상시키기 위하여 자유층과 보호층 사이의 back layer를 일반적으로 Cu를 사용하여 왔다. 전기전도도가 높은 back layer삽입을 통해서 스핀밸브 내에서 스핀의 평균자유행로(mean free path)가 증가되고 이에 따라 거대자기저항의 증가가 일어나게 된다. 본 실험에서는 back layer로 가장 일반적으로 쓰이는 Cu를 Au-Cu 합금계로 대체함으로써 스핀밸브의 자기적, 전기적 성질에 어떻게 영향을 주는지 알아보려고 한다 [2,3]. Figure. 1에서 보면 Au와 Cu가 1:1과 1:3의 조성을 갖는 지점에서 저항이 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있다 [4,5]. 이것은 Au-Cu를 형성하는 원자들이 inter-metallic 결정구조를 형성하면서 불순물 산란에 의한 전자의 자유거동이 방해가 덜 받게 되어 나타나는 것이다. 스핀밸브 back layer를 이러한 Au-Cu inter-metallic로 대체하였을 때 GMR현상이 어떻게 변화하는지를 알아보려고 한다.

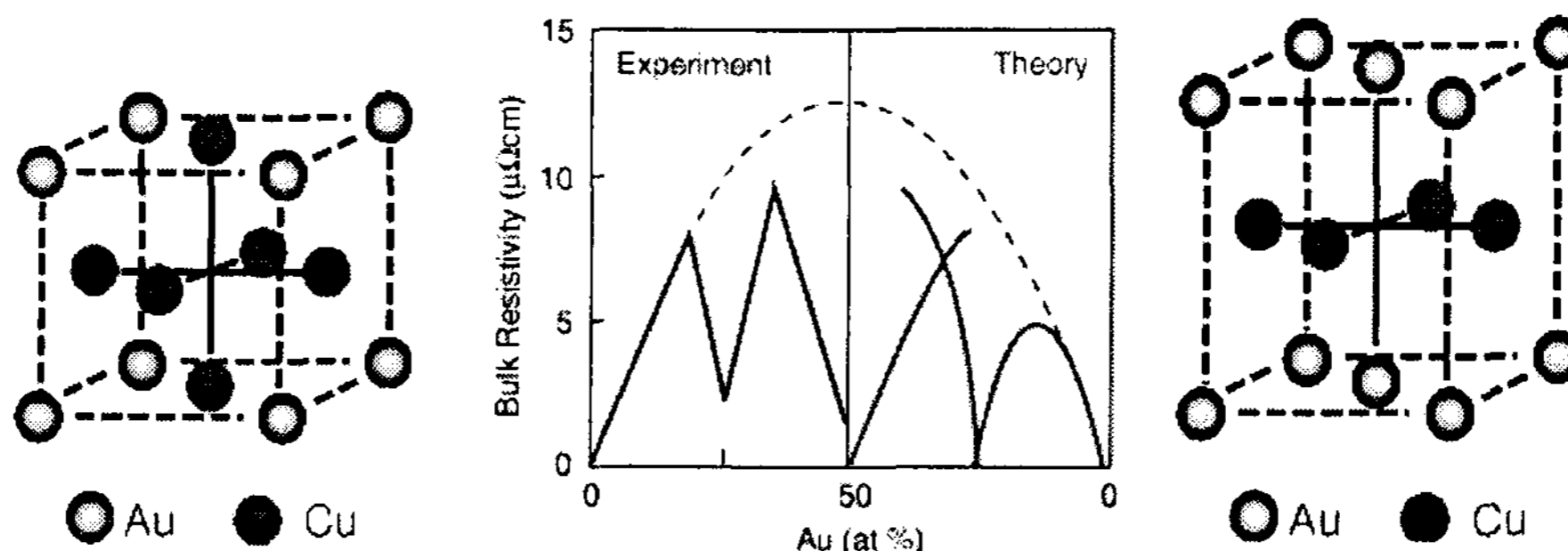


Fig. 1. The structure of inter-metallic compounds of Cu₃Au (left) and CuAu (right), and a change in resistivity with the content of Au in Cu (center) [4,5].

2. 실험방법

스핀밸브의 구조는 Ta 5/Ni₈₀Fe₂₀ 2/Ir₈₁Mn₁₉ 6/Co₉₀Fe₁₀ 3/Cu 2.7/Co₉₀Fe₁₀ 2/Ni₈₀Fe₂₀ 2/back layer 1~1.2/Ta 5 (nm) 을 Si/SiO₂ 기판위에 증착한 구조이다. 샘플은 1) Cu (기준샘플), 2) Au, 3) 동시 증착 Cu_xAu_{1-x}, 4) 교대다층증착 [Au/Cu]_n, 5) 이중층 [Au/Cu] 구조를 각각 back layer로 사용한 구조로 제작하였다.

3. 실험결과

Cu를 back layer로 사용한 기준샘플의 경우 7.5%의 GMR비를 보였다. Au back layer로 증착한 샘플의 경우 GMR비가 7.3%로 기준샘플보다 떨어진 GMR값을 나타내었다. Au와 Cu를 동시 증착한 샘플

플은 Au와 Cu의 조성을 달리하며 증착하였으며, Au와 Cu의 조성이 1:1의 경우에서 GMR비가 7.8% 정도로 최대치를 보였다. Au와 Cu의 교대증착 샘플에서는 Au를 먼저 증착한 샘플이 Cu를 먼저 증착한 샘플보다 더 높은 GMR비를 보였으며, 기준 샘플에 비해서 1.5%의 GMR비와 6.2%의 ΔR 의 증가를 보였다. 또한 교대다층증착 샘플에서는 [Au 2/Cu 2] (Å)×3의 구조를 가진 스핀밸브가 7.9%의 GMR비를 보였다. 이중층으로 구성된 스핀밸브는 [Au 4/Cu 6] (Å)의 구조를 가지는 샘플이 7.6%의 GMR비를 나타내었다. Back layer의 결정학적 미세구조를 조사, 분석하기 위하여 XRD를 사용하였다. XRD 분석 결과 Au_{0.25}Cu_{0.75}와 Au_{0.75}Cu_{0.25}는 예상대로 cubic임을 확인할 수 있지만 Au_{0.5}Cu_{0.5}의 경우는 기대했던 FCT (face-centered tetragonal)대신 orthorhombic상이 형성되었음을 확인할 수 있었다.

4. 고찰

실험 샘플에 대한 전기적 특성을 측정된 결과 모두 Au와 Cu가 섞이자마자 저항값이 증가하는 현상을 보였다. 이는 예상했던 결정상이 형성되지 않아 불순물과 계면에서의 산란에 의한 결과로 판단된다. ΔR 은 8%정도의 증가 수치를 보였는데 이는 저항증가가 원인인 것이라고 볼 수 있다. XRD 분석 결과 Au_{0.25}Cu_{0.75}와 Au_{0.75}Cu_{0.25}는 예상대로 cubic임을 확인할 수 있지만 Au_{0.5}Cu_{0.5}는 본 실험에서 예상하였던 FCT (face-centered tetragonal) 대신 orthorhombic이 형성되는 것을 관찰하였다.

5. 결론

실험에서 back layer에 사용한 Au와 Cu의 합금과 이중층은 저항이 갑자기 증가하는 거동을 보여주었다. 특히 Au와 Cu의 동시증착과 교대층으로 준비했던 back layer에서 기대했던 저항의 감소는 확인할 수 없었다. 이러한 결과는 스핀 의존적 산란에 의한 결과라기 보다는 막의 저항 자체의 증가가 더 지배적으로 작용한 것으로 판단된다. XRD 분석 결과를 볼 때 우리가 기대했던 FCT대신에 orthorhombic 결정구조가 형성된 것을 확인하였다. Orthorhombic 결정구조를 형성하기 위해서는 높은 온도의 열처리가 필요하다. 그러나 스핀밸브의 특성상 300 °C 이상의 높은 온도에서 anneal을 할 수 없기 때문에 준안정상의 결정구조가 형성된 것으로 보인다. 이러한 orthorhombic 결정상이 전도전자의 불순물 산란을 야기시켰음을 알 수 있다. FCT상을 가진 Au와 Cu가 1:1의 조성비를 갖는 back layer를 볼 때 GMR비와 ΔR 의 증가함을 확인 하였으며, FCT상을 가진 back layer구조의 스핀밸브가 순수한 Cu만을 가진 기준 스핀밸브에 비해 저항의 증가와 함께 스핀의존적인 산란에 효과가 있었을 것으로 판단된다. 결과적으로 본 실험에서 교대층인 [Au 2/Cu 2] (Å)×3과 이중층인 [Au 4/Cu 6] (Å)은 back layer층으로 가장 우수한 특성을 보였으며 이들은 Cu back layer대신에 사용하여 스핀밸브의 감도를 향상시킬 수 있는 층으로 판단된다.

6. 참고문헌

- [1] D. E Heim, R. E. Fontana, Jr., C. Tsang, V. S. Speriosu, B. A. Gurney, and M. L. Williams, IEEE Trans. Magn. 30, 316 (1994).
- [2] U. S. Patent 5, 422, 57 (June 6, 1995), B. A. Gurney, V. S. Speriosu, J. -P. Nozieres, H.Lefakis, D. R. Wilhoit, and O. U. Need, Phys. Rev. Lett. 71, 4023 (1993).
- [3] H. Oshima, K. Nagasaka, Y. Seyama, Y. Shimizu, and A. Tanaka, Phys. Rev. B 66, 140404 (2002).
- [4] J. Banhart and G. Czycholl, Europhys. Lett., 58, 264 (2002).
- [5] W. Zhang, J. Vac. Sci. Technol. B, 22, 2715 (2004).