

Co/Cu 인공초격자에서 구리기저층에 첨가된 니켈의 양이 자기저항에 미치는 영향

민경익 · 송용진 · 주승기

서울대학교 공과대학 금속공학과
서울특별시 관악구 신림동 산 56-1, 151-742

(1993년 11월 18일 받음, 1993년 12월 11일 최종수정본 받음)

Cu-Ni를 기저층으로 한 (100) Co/Cu 인공초격자에서 기저층에 첨가된 니켈의 함량이 자기저항에 미치는 영향을 조사하였다. 니켈의 함량이 증가하면서 인공초격자의 우선 방위가 fcc(100)에서 fcc(111)으로 변화하였는데 이는 기저층의 우선 방위가 바뀌었기 때문인 것으로 밝혀졌다. 니켈의 함량이 6%일때 $[Cu(19 \text{ \AA})/Co(30 \text{ \AA})]_{20}$ Cu-6%Ni(200 \AA)/Si 시편의 경우에 175 Oe에서 26.7%의 큰 자기저항을 얻을 수 있었다.

I. 서 론

Co/Cu 다층박막에서 60%가 넘는 거대자기저항이 보고된 이래[1], 응용시의 막대한 기대효과로 인해 많은 연구가 Co/Cu 또는 Co-M/Cu (M은 Ni, Fe 또는 그합금)에 대해 집중되었다[2-4]. Co/Cu의 자기저항은 기저층과 매우 밀접하게 관련이 있는 것으로 알려져 있다[1]. 기저층은 다층박막의 핵생성과 성장에 영향을 미침으로써 우선방위, 계면거칠기, 결정성을 변화시킨다. 그런데 자기저항은 우선방위, 계면거칠기, 결정성에 큰 영향을 받는 것으로 널리 알려져 있으므로 응용에 적합한 재료를 개발하기 위해서는 기저층의 종류와 두께등을 적절히 선택하는 것이 요구된다.

최근의 필자들의 연구에 의하면, 그동안 많이 연구되어진 (111) Co/Cu[1]와는 달리 (100) Co/Cu의 경우에는 결정성이 우수할수록 자기저항이 높았으며 구리 기저층의 두께가 두꺼울수록 다층박막의 결정성이 우수하였으나 이때 기저층을 통한 전류새어흐름에 의해 결정성 향상에도 불구하고 자기저항이 감소한 것으로 나타났다[5]. 따라서 전류새어흐름을 줄일 수 있다면 현저한 자기저항의 향상이 기대된다.

본 연구에서는 (100)면으로 성장한 Co/Cu 인공초격자에서 기저층으로의 전류새어흐름을 줄이기 위해 구리와 격자상수가 비슷하고 합금을 함으로써 전기저항을 높일 수 있는 니켈을 기저층에 첨가하였으며, 이때 니켈 함유량에 따른 Co/Cu 인공초격자의 자기저항 및 결정구조의 변화를 조사하였다.

II. 실험방법

마그네트론 스퍼터링에 의해 Co/Cu 인공초격자를 형성하였다. Co, Cu, Co-Ni의 증착속도는 $\sim 1.0 \text{ \AA}/\text{sec}$, $\sim 1.3 \text{ \AA}/\text{sec}$, $\sim 1.2 \text{ \AA}/\text{sec}$ 였다. 기판으로 Si(100) 웨이퍼를 사용하였고 진공용기에 넣기전에 표면 자연산화막을 화학적 에칭에 의해 제거하였다. 구리 타아겟 위에 니켈을 올려놓고 스퍼터링하는 방법에 의해 Cu-Ni 합금박막을 증착하였으며 Cu-Ni 박막의 조성은 EDS(Energy Dispersive Spectroscopy)로 확인하였다. 8% 이하의 니켈이 포함된 시편들의 경우 동일한 시편의 서로 다른 위치에서 측정된 값은 1% 미만의 차이를 보였다. 인공초격자를 형성하지 않고 기저층 Cu-Ni(1000 \AA)/Si 시편을 제작하여 니켈 함량에 따른 결정구조와 전기저항의 변화를 살펴보았으며 $w\%$ 니켈을 함유한 $x \text{ \AA}$ Cu-Ni 바닥층 위에 $y \text{ \AA}$ Co와 $z \text{ \AA}$ Cu를 n 층 교대로 적층하여 제작한 시편을 $[Cu(z)/Co(y)]_nCu-w\%Ni(x)/Si$ 로 나타내었다. CuK α 복사선을 이용하여 x선 회절 분석을 행하였다. 4 탐침법에 의하여 상온에서 자기저항을 측정하였다. 자기저항 측정시 자장은 시편진동자력계(VSM)에 의해 확인된 자화용이축 방향(Si[100])으로 전류와 수직이 되도록 가하였다. 자기저항값은 최대저항과 최소저항의 차이를 최소저항으로 나눈 값으로 정의하였다. 본 논문에서는 4-탐침법에 의해 측정된 면저항을 간단히 저항으로 지칭하였다.

III. 실험결과 및 토의

구리 기저층에 첨가된 니켈의 함량에 따른 Cu-Ni (1000 Å) 박막의 비저항 변화를 그림 1에 나타내었다. 순수한 구리의 경우에는 비저항은 $\sim 3 \mu\Omega \text{cm}$ 로 측정되었으며, 이는 덩어리(bulk)에 대해 알려진 $1.7 \mu\Omega \text{cm}$ 의 약 두배의 값이다. 16%까지 니켈의 함량이 증가하였을 때 비저항은 계속 증가하였다.

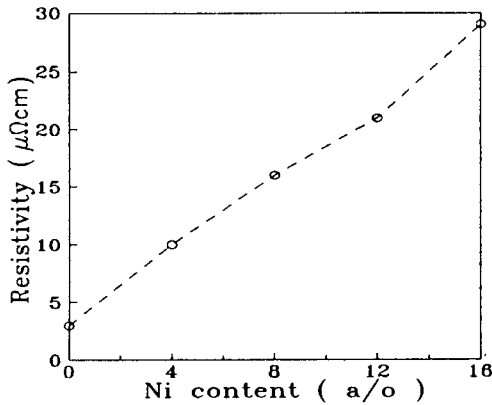


Fig. 1. Resistivity change of Cu-Ni with respect to Ni content.

그림 2에 니켈 함량에 따른 기저층 Cu-Ni(1000 Å) 박

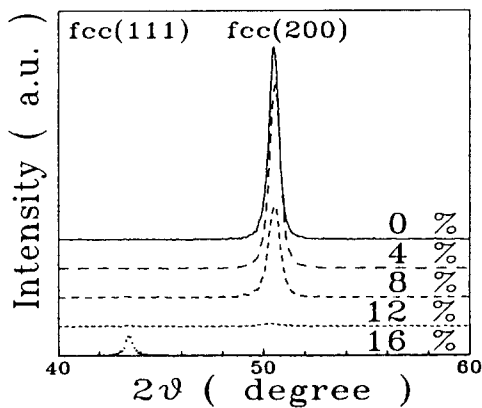


Fig. 2. Dependence of (200) peak intensity on the Ni content in Cu-Ni.

막의 결정구조 변화를 나타내었다. 순수한 구리의 경우에는 fcc (200) 회절선만이 관찰되었고 니켈의 함량이 증가함에 따라 약 8%의 니켈이 첨가된 경우까지는 (200) 우선방위가 유지되었으나 그 이상의 니켈 첨가시 12% 정

도에서는 회절선이 거의 사라지고 니켈의 함량이 더욱 증가하면 fcc (111) 회절선만이 관찰되었다. 따라서 구리 기저층의 결정구조는 함유된 니켈의 양에 따라 민감하게 변하는 것으로 생각된다. 니켈 함량에 따른 이와같은 전기저항과 결정구조의 변화를 갖는 200 Å의 Cu-Ni 기저층 위에 형성한 $[\text{Cu}(z)/\text{Co}(y)]_{20}$ 인공초격자의 자기저항 변화를 그림 3에 나타내었다.

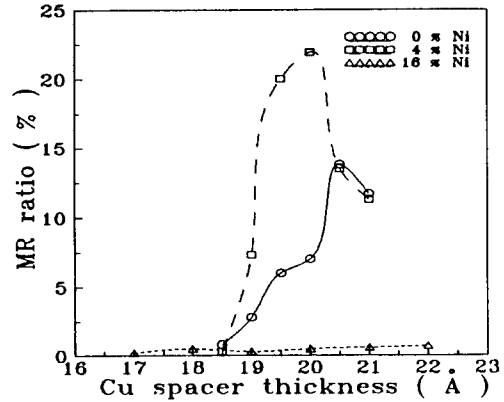


Fig. 3. Magnetoresistance change of $[\text{Cu}(z \text{ Å})/\text{Co}(30 \text{ Å})]_{20}|\text{Cu-Ni/Si}$ with respect to Cu spacer thickness.

사잇층 구리의 두께가 증가함에 따라 자기저항이 증가하였다가 다시 감소한 것을 알 수 있는데 이는 일반적으로 알려진 바와 일치하는 결과이다[1]. 기저층에 포함된 니켈의 함량이 자기저항값에 미치는 영향을 그림 4에 나타내었다.

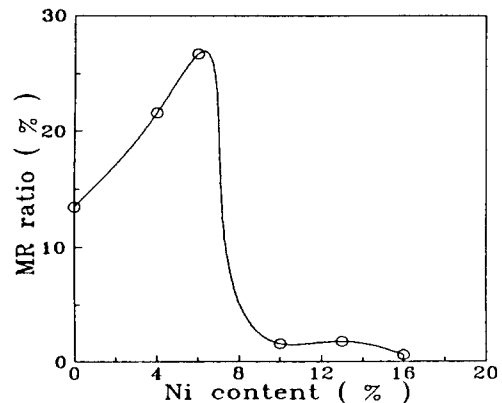


Fig. 4. Maximum MR change of artificial superlattices with respect to Ni content in Cu-Ni underlayer

자기저항값은 니켈이 함유되지 않은 기저층을 가진 인공 초격자의 경우 14.6 % 이었는데 니켈의 함량이 증가함에 따라 자기저항값이 증가하여 약 6 %의 니켈을 함유한 기저층을 가진 인공초격자의 경우 최대 26.7 %의 자기저항값을 보였으며 이때의 포화자장값은 175 Oe였다. 기저층과 인공초격자는 병렬구조를 이루고 있으므로 니켈이 약 6 % 정도 첨가되면 바닥층의 저항이 4배 정도 증가하고 (그림 1) 이에 따라 자기저항값이 큰 폭으로 증가하게 된다. 그러나 10 % 이상의 니켈이 첨가되면 자기저항값이 급격히 감소하였고 16 % 정도 첨가되면 자기저항이 거의 관찰되지 않았다. 포화자장하에서 측정된 인공초격자의 판저항값을 니켈함량의 함수로 그림 5에 나타내었다. 자기저항효과를 나타내는 인공초격자와 자기저항효과를 나타내지 않는 기저층은 전기적으로 병렬연결 구조로 되어 있으며, 기저층의 저항은 함유된 니켈의 양에 따라 그림 1과 같은 의존성을 갖고 있으므로 니켈의 양이 증가함에 따라 전체 저항이 증가한 것으로 생각된다. 니켈의 함량

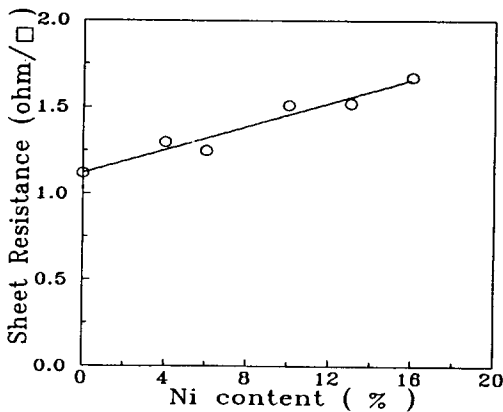


Fig. 5. Sheet resistance change of $[\text{Cu}(20 \text{ \AA})/\text{Co}(30 \text{ \AA})]_{20}|\text{Cu-Ni}(200 \text{ \AA})/\text{Si}$ artificial superlattices with respect to Ni content in Cu-Ni underlayer.

에 따른 인공초격자의 결정구조 변화를 그림 6에 나타내었다. 니켈의 함유량이 약 6 %를 초과하면 기저층의 (100) 우선방위 성장이 약화되고 (111) 우선방위 성장이 강화됨을 알 수 있다. 이러한 결정성의 변화는 기저층만의 결정성의 변화와도 일치한다. 기저층에 6 % 이상으로 니켈이 첨가된 경우 기저층의 저항이 계속 증가하였음에도 불구하고 자기저항값이 급격히 감소한 것은 결정구조가 (100)에서 (111)로 변화한 것과 관련이 있는 것으로 보인다[6].

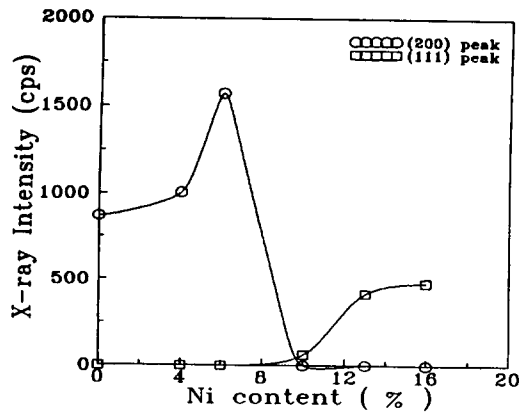


Fig. 6. Dependence of x-ray peak intensity of $[\text{Cu}(20 \text{ \AA})/\text{Co}(30 \text{ \AA})]_{20}|\text{Cu-Ni}(200 \text{ \AA})/\text{Si}$ artificial superlattices on the Ni content in Cu-Ni.

IV. 결 론

- 6% 이하의 니켈이 구리 바닥층에 포함되었을 경우 니켈의 함량이 증가함에 따라 구리 기저층의 저항이 증가함으로써 Co/Cu 인공초격자의 자기 저항이 증가하였다.
- $[\text{Cu}/\text{Co}]_{20}|\text{Cu-Ni}/\text{Si}$ 구조의 시편에서 니켈의 함량이 증가함에 따라 기저층과 인공초격자의 우선방위는 fcc (200)에서 fcc (111)으로 변화하였다. 16 %의 니켈이 첨가되어 인공초격자가 (111) 우선방위를 보인 경우에는 자기저항을 거의 관찰할 수 없었다.
- $[\text{Cu}(19)/\text{Co}(30)]_{20}|\text{Cu-6\%Ni}(200)/\text{Si}$ 시편의 경우 175 Oe의 인가자장하에서 26.7 %의 자기저항값을 얻을 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국통신공사(KTRC)와 신소재 박막가공 및 결정성장 연구센터(RETCAM)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

참고 문헌

- [1] S. S. P. Parkin, Z. G. Li, and J. Smith, Appl. Phys. Lett., **58**, 2710(1991).
- [2] Y. Saito, S. Hashimoto, and K. Inomata, IEEE Trans. on Magn., **28**, 2751(1992).
- [3] X. Bian, J. O. Strom-Olsen, Z. Altounian, Y.

- Huai, and R. W. Cochrane, Appl. Phys. Lett., **62**, 3525(1993).
- [4] M. Jimbo, S. Tsunashima, T. Kanda, S. Goto, and S. Uchiyama, J. Appl. Phys., **74**, 3341 (1993).
- [5] K. -I. Min and S. -K. Joo (submitted to J. Appl. Phys.).
- [6] J. de la Figuera, J. E. Prieto, C. Ocal, and R. Miranda, Phys. Rev., **B 47**, 13043(1993).

Effect of Ni content in Cu underlayer on the Magnetoresistance of Co /Cu Artificial Superlattice

K. I. Min, Y. J. Song, and S. K. Joo

Department of Metallurgical Engineering, Seoul National University

San 56-1, Shinrim-Dong, Kwanak-Gu, Seoul 151-742, Korea

(Received 18 November 1993, in final form 11 December 1993)

The effect of Ni content in Cu underlayer on the magnetoresistance of Cu/Co artificial superlattice has been investigated. As the content of Ni increased, the preferred orientation of artificial superlattice changed from fcc (100) to fcc (111) due to the change of the preferred orientation of the underlayer. When the content of Ni was 6 %, 26.7 % of magnetoresistance with 175 Oe of saturation field could be obtained in $[\text{Cu}(19 \text{ \AA})/\text{Co}(30 \text{ \AA})]_{20}|\text{Cu-6\%Ni}(200 \text{ \AA})/\text{Si}$.