

Buffer/[CoFe/Cu]_N 다층박막의 자기저항 특성

송은영 · 오미영 · 이현주 · 김경민 · 김미양 · 이장로

숙명여자대학교 물리학과
서울특별시 용산구 청파동 2가, 140-742

김희중

한국과학기술연구원 금속연구부
서울특별시 성북구 하월곡동 39-1, 136-791

(1998년 4월 2일, 받음, 1998년 8월 20일 최종수정본 받음)

DC magnetron sputtering 방법에 의해 Corning glass 기판 위에 제작한 buffer/[CoFe/Cu]_N 형태의 다층박막에 대하여 자기저항비의 비자성층 Cu 두께, 기저층 종류(Fe, Cu, Cr, Ta)와 두께, Ar 압력, 다층 층수 및 열처리 의존성을 조사하였다. 자기저항비는 비자성층 Cu 두께에 따라 진동하였다. 기저층 Fe 및 Cr의 두께가 60 Å이고, 층수 N=15, Ar 압력 5 mTorr에서 극대자기저항비 14%를 보였으며 250 °C 까지의 시료에 대한 열처리는 다층박막의 주기성을 유지한 채 더 큰 결정립을 갖게 하여 자기저항비는 증가하였으나 그 이상의 온도에서는 계면 혼합 및 계면 확산에 의한 감소를 나타내었다. Cr 기저층 시료가 Fe 기저층 시료보다 열적안정성이 더 좋은 것을 알 수 있었다.

I. 서 론

인공적 다층박막 Fe/Cr[1], Co/Au[2] 등에서 독특한 자기저항(Magnetoresistance)의 거동이 발견된 이래 인공적 다층박막의 자기저항에 관한 특성은 응용면에 있어서나 물성 물리학적 관점에서도 큰 흥미를 불러일으키고 있다. 특히 자기저항 재료는 자기장이 가해질 때 전기저항 값이 변하는 성질을 이용하여 모터의 회전수를 측정하는 회전센서나 프린터, 타자기 등의 인자 타이밍 검출 및 정보의 재생 수단인 자기헤드 재료로 이용되고 있다. 자기저항 재생 헤드는 자속의 변화를 감지하는 것이 아니라 자속 자체를 감지하기 때문에 매체의 속도에는 무관하여 유도형 헤드에 비해 재생 특성이 우수하다. 차세대 고밀도 기록 재료의 재생을 위해서는 상당히 큰 자기저항 변화를 나타내는 재료가 요구되어 2000년대의 10 Gbit/in² 기록 밀도기술에 필요한 새로운 자기저항 재생 헤드, 고감도 센서 [3] 및 자기저항 기억소자(Magneto-resistive Random Access Memory)[4] 등 응용을 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나, 아직 거대 자기저항 효과에 대한 메커니즘은 명백히 밝혀져 있지 않아서 자기저항비에 대한 보고들이 일치하지 않는 원인이 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 dc magnetron sputtering 방법으로 자

왜가 거의 없는 CoFe를 사용하여 CoFe/Cu 다층박막을 제작하고 비자성층인 Cu 두께, 기저(buffer)층 종류, 다층박막 층수, Ar 압력 및 열처리 조건에 따르는 구조, 자기적 특성 및 자기저항 변화를 분석하여 거대 자기저항비의 크기를 결정하는 요인들을 조사하였다.

II. 실험 방법

다층박막을 제작하는데 사용한 스퍼터링 장치에는 4개의 서로 다른 타겟을 사용하여 동시에 플라즈마가 발생할 수 있도록 3개의 dc magnetron gun과 1개의 rf magnetron gun이 장착되어 있다. 이들 gun에서 동시에 발생한 플라즈마가 서로 간섭하는 것을 방지하기 위하여 분리막을 설치하여 내부를 각각의 영역으로 분할하였다. 각각의 gun에는 셔터를 설치하여 증착시간을 조절함으로써 원자단위의 박막을 형성할 수 있도록 셔터의 개폐시간을 컴퓨터로 제어하였다. 기판 회전 테이블은 컴퓨터 제어 가능한 스피닝 모터에 의해 회전하게 되어 있으며 타겟과 기판 사이의 거리는 약 7.5 cm 정도를 유지하도록 하였다. 타겟의 증착률은 thickness monitor를 이용하여 조사하고, 이것을 다시 small angle X-선 회절에 의해 결정 가능한 박막층의 두께로 교정하였다. 기판은 Corning glass를 12×12 mm²의 크기로 절

단하여 증류수 속에서 초음파 세척한 후 trichloroethylene 용액, 아세톤, 알코올로 세척 후 건조 시킴으로써 기판에 묻은 유기 및 금속성 물질과 수분을 제거하였다. 다층박막 제작시 초기진공(base pressure)은 7×10^{-7} Torr이하, 증착시 Ar 압력은 5 mTorr를 유지하였다. 비자성층인 Cu층 두께를 달리하면서 glass/Fe(60Å)/[CoFe(9Å)/Cu(tÅ)]₁₅, t=8-40Å 다층박막을 제작하여 자기저항을 관찰했으며, 이때 각 층의 증착율은 CoFe는 2.2Å/s, Cu와 Fe는 각각 1.8Å/s, 1.5Å/s로 하였다. 기저층 종류의 영향을 살펴보기 위하여 기저층 재료로서 Fe, Cr, Ta, Cu를 이용하여 glass/buffer(60Å)/[CoFe(9 Å)/Cu(20 Å)]₁₅을 제작하여 자기저항비를 관찰하였다. Fe 기저층 두께 효과를 알아보기 위하여 glass/Fe(tÅ)/[CoFe(9Å)/Cu(20Å)]₁₅, t=0-80 Å을 제작하였다. 제작된 다층박막에 대하여 X선 회절분석기(Phillips제)를 이용하여 high angle(20~70°) X선 회절선으로부터 결정구조를 조사하였다. 또한 small angle(2~10°) X선 회절선으로부터 다층박막의 적층주기와 층상구조의 규칙도를 분석하였다. 자기저항 효과 측정을 위해 전자석 및 전류의 인가와 저항을 동시에 측정할 수 있는 multimeter(HP 34401)을 이용하여 측정 시스템을 구성하였다.

외부 자기장에 따른 자기저항 곡선을 얻기 위하여 상온에서 4탐침법으로 -1000~1000 Oe 범위의 자기장을 인가하였다. 이때 자기저항 측정용 시료는 얇은 놋쇠판 mask를 사용하여 patterning하였다. 본 연구에서는 자기저항 곡선으로부터 얻어지는 저항변화율을 이용하여, 자기저항비 $MR(\%) = \{[R(max)-R(min)]/R(min)\} \times 100$ 와 같이 정의하였다. 여기서 R(max)은 극대 저항값이며 R(min)은 극소 저항값이다. 다층박막의 자기적 특성은 시료진동형자기계(VSM)를 사용하여 상온에서 자기장 2 kOe를 수평방향으로 걸어주고 측정된 자화-자기장 이력곡선으로 분석하였다. 열처리 효과 연구를 위해 시료를 진공 챔버에 넣고 5×10^{-6} Torr의 진공도에서 할로겐 램프로 가열하여 150 °C, 250 °C, 300 °C, 450 °C로 온도를 높여가며 각 온도에서 2시간씩 열처리를 행하여 물성의 변화를 측정하였다. 이때 각 시료에 대하여 낮은 온도에서 먼저 열처리하여 상온까지 서냉하여 X선 회절분석, VSM 측정, 자기저항 측정 등을 측정한 후 이것을 보다 높은 온도에서 다시 열처리하여 열처리 온도에 따른 변화를 분석하였다.

III. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 60Å의 Fe 기저층을 갖는 [CoFe(9Å)/Cu(t Å)]₁₅ 다층박막에 대해 비자성층인 Cu 두께의 함수로 자기저항비의 변화를 살펴 본 결과이다. 여기서 자기저항비는 Cu 두께 변화에 따라 진동하는 것을 알 수 있으며 이러한 진동 교환결합은 이웃해 있는 강자성체층인 CoFe 층간의 반강자성 결합과 강자성 결합이 주기적으로 이루어져 나타나는 결과라고 알려져있다[5]. 이때 자기저항 피크는 20 Å, 32 Å 부근에서 관찰되었다. Cu의 두께가 32 Å 이상으로 두꺼워짐에 따라서 자기저항비는 감소하였다. 이것은 비자성층인 Cu층을 통한 전류의 새어흐름 효과(shunting effect)[6]에 기인한 것으로 알려져있다.

Fig. 2는 Cu의 두께를 20 Å로 고정하고 제작한 Glass/Fe(tÅ)/[CoFe(9Å)/Cu(20Å)]₁₅ 다층박막의 자기저항비를 Fe 기저층 두께의 함수로써 나타낸 것이다. 여기서 Fe 기저층 두께가 증가함에 따라 60 Å까지는 자기저항비가 증가하다가 그 이상의 두께에서는 감소하는 경향을 나타내는데 이것은 Fe 두께가 60 Å 이하인 경우는 다층박막의 구조를 개선시키는 기저층의 역할을 충분히 수행하지 못하는 것이라 생각되며, Fe 기저층의 두께가 60 Å 이상으로 두꺼운 경우에는 Fe층이 자성층이기 때문에 다층박막의 자기저항 거동에 영향을 주어 자기저항비의 감소를 초래하기 때문이라고

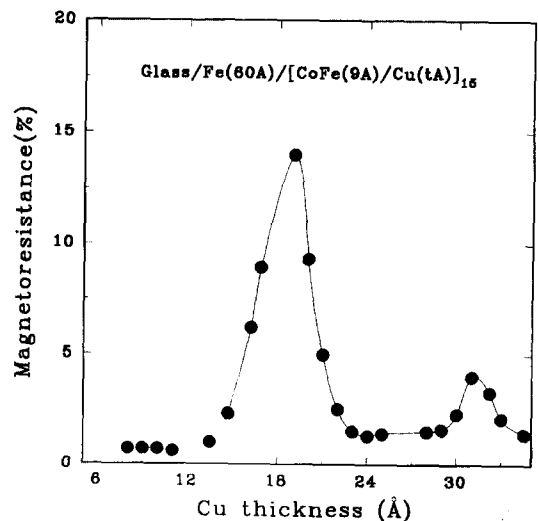


Fig. 1. Dependence of the magnetoresistance on the Cu layer thickness in glass/Fe(60Å)/[CoFe(9Å)/Cu(tÅ)]₁₅ multilayered thin films.

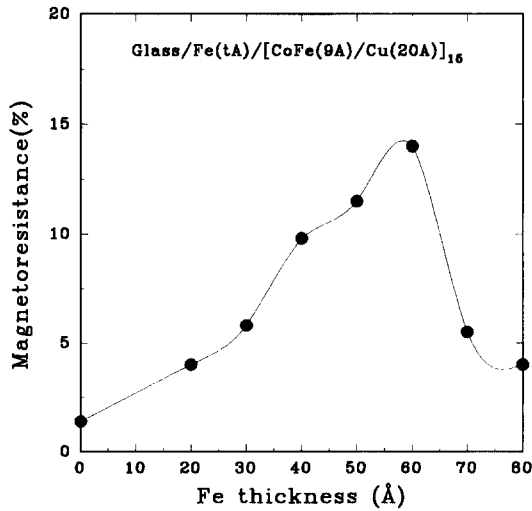


Fig. 2. Dependence of the magnetoresistance on the Fe buffer layer thickness for glass / Fe(tÅ) / [CoFe(9Å) / Cu(20Å)]₁₆ multilayered thin films.

생각한다. 이로써 기저층의 적절한 두께에서만 다층 박막 구조를 개선시키는 기저층으로서의 역할과 Fe층과 CoFe층이 강자성결합을 하는 특성을 갖게하여 자기저항비를 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

Fig. 3은 기저층 Fe 두께를 60 Å로 고정한 glass / Fe(60Å) / [CoFe(9Å) / Cu(20Å)]_N 다층박막의 자기저항비의 박막 층수(N) 의존성을 나타낸 것이다. 자기저항비는 N=1에서 0.5%를 보이며 점점 증가하여 N=15 일

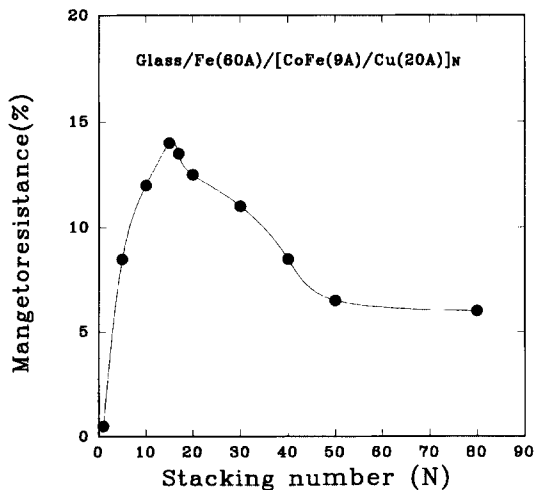


Fig. 3. Dependence of the magnetoresistance on the stacking number(N) in glass / Fe(60Å) / [CoFe(9Å) / Cu(20Å)]_N multilayered thin films.

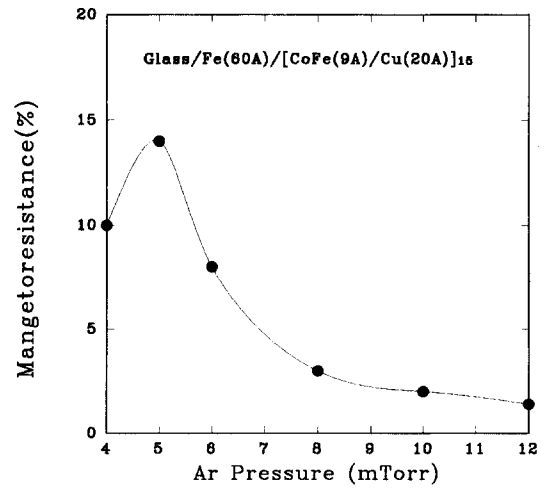


Fig. 4. Ar pressure dependence of the magnetoresistance of glass / Fe(60Å) / [CoFe(9Å) / Cu(20Å)]₁₅.

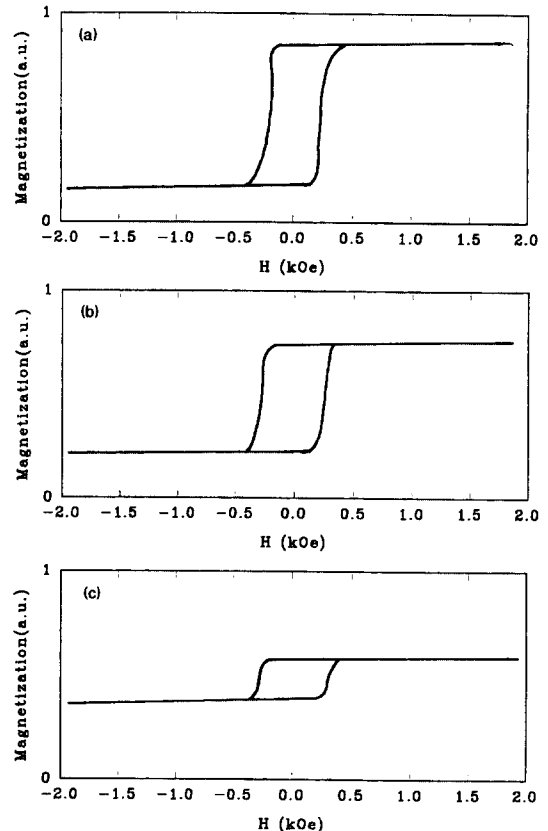


Fig. 5. Hysteresis curves of glass / Fe(60Å) / [CoFe(9Å) / Cu(20Å)]₁₅ multilayers varying with Ar pressure (a) 4×10^{-3} Torr. (b) 5×10^{-3} Torr. (c) 1×10^{-2} Torr.

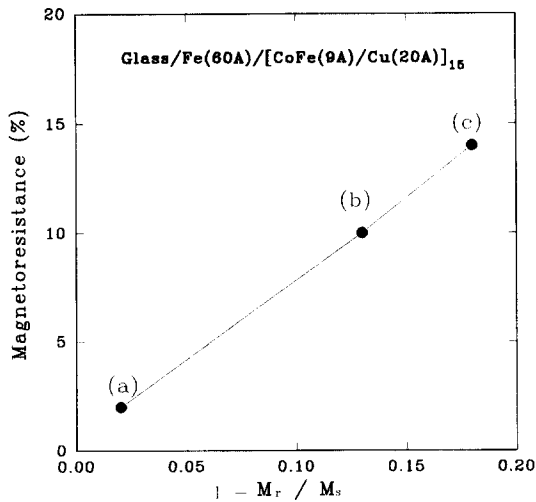


Fig. 6. Magnetoresistance versus $(1 - M_r / M_s)$ of the glass / Fe(60Å) / [CoFe(9Å) / Cu(20Å)]₁₅ multilayers varying with Ar pressure (a) 1×10^{-2} Torr, (b) 4×10^{-3} Torr, (c) 5×10^{-3} Torr.

때 극대값 14%를 보인다. 이것은 N=15까지는 다층박막의 구조가 점차 개선하여 적층 계면의 명확성이 증대되기 때문이라고 생각된다. 층수가 N=15 보다 많아지면 자기저항비는 점점 감소하여 N=50 일 때 6.5%를 보인 후 포화값에 이르게 된다.

Fig. 4는 Ar 압력을 4 mTorr에서 12 mTorr 까지 변화시키면서 제작한 glass / Fe(60Å) / [CoFe(9Å) / Cu(20Å)]₁₅ 시료의 자기저항비의 변화를 나타낸 것이다. 자기저항

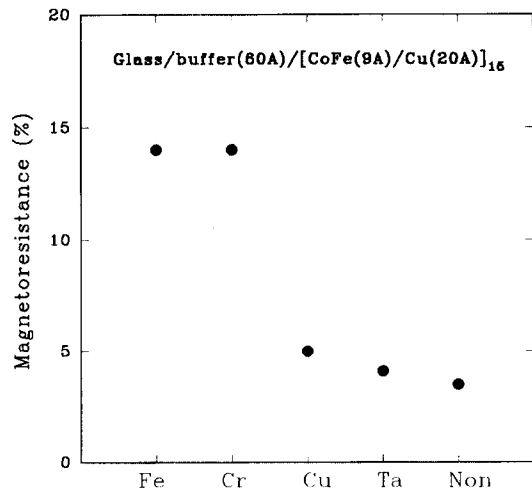


Fig. 7. Dependence of the magnetoresistance on the buffer layer in glass / buffer(60Å) / [CoFe(9Å) / Cu(20Å)]₁₅ films.

비는 Ar 압력이 5 mTorr 일 때 극대값 14%를 보이며 이보다 높아지면 감소하여 10 mTorr 에서는 2%를 나타내었다.

Fig. 5는 위의 시료 제작시 Ar 압력의 변화에 따라 자기이력곡선의 모양이 달라지는 것을 보여준다. Ar 압력이 증가함에 따라 포화자화(M_s)는 감소하며, 보자력은 증가함을 알 수 있다. Ar 압력이 높아지면 성장한 박막내에 틈새들이 분포하게 되어 박막의 밀도가 낮은 상태인 주상구조로 성장하게되며, 결정립경계가 산화되기 쉽기 때문에 단위부피당 포화자화가 작아지는 것으로 생각된다. 한편, Ar 압력증가에 따라 보자력이 증가하는 것은, 갈라진 틈새(crack-like void)를 가진 주상 결정립경계 등 자구벽 핀닝자리(pinning site)가 많아지게 되고, 즉 이러한 평면결함(planar defect)들은 자구벽이 외부자장에 의해 이동하는 것을 방해하기 때문이라고 생각된다.

Fig. 6에는 Ar 압력을 다르게하여 제작한 glass/Fe(60Å) / [CoFe(9Å) / Cu(20Å)]₁₅ 시료의 자기이력곡선을 관측하여 자기저항비의 자기이력곡선 각형비 M_r / M_s (M_r:

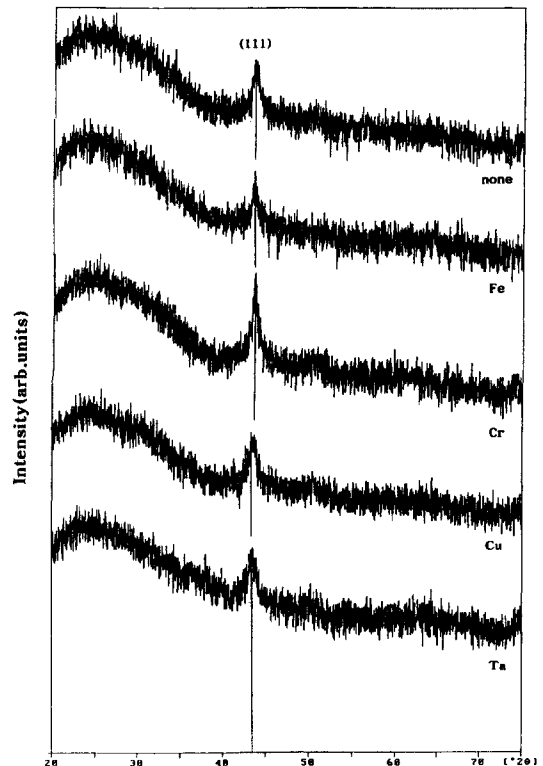


Fig. 8. Variation of high angle X-ray spectra of [CoFe(9Å) / Cu(20Å)]₁₅ with buffer using a glass substrate.

잔류자화) 의존성을 살펴본 결과를 나타내었다. 반강자성 결합을 한 경우 M_r/M_s 가 작아지므로 $1-M_r/M_s$ 는 큰 값을 갖고 이때 자기저항비는 높게 나타난다[7]. 본 시료에서도 이 그림에서와 같이 5 mTorr에서 극대자기저항비와 극소 각형비를 보여 자기저항비와 $1-M_r/M_s$ 는 직선적 비례관계를 나타내는 것을 알 수 있다.

Fig. 7은 Buffer(60Å)/[CoFe(9Å)/Cu(20Å)]₁₅ 다층박막에 대하여 기저층 종류에 따른 자기저항비의 극대값을 나타낸 것이다. Fe나 Cr를 기저층으로 갖는 시료의

경우보다 Cu를 기저층으로 사용했을 때에는 자기저항비가 현저하게 감소하였다. 이는 glass 위에 Cu가 두껍게 입혀질 경우에는 기저층으로의 전류새어흐름 효과로 인하여 자기저항비를 감소시키기 때문이라 생각한다. 또한 Fe나 Cr을 기저층으로 사용했을 경우 자기저항비의 극대치는 서로 비슷한 값을 보이고 있으나 Fe를 기저층으로 갖는 시료가 더 큰 포화자화장을 나타내었다. 이것은 Fe가 자성층이기때문에 Fe 기저층이 그 위에 성장한 다층박막의 자기적 거동에 영향을 미

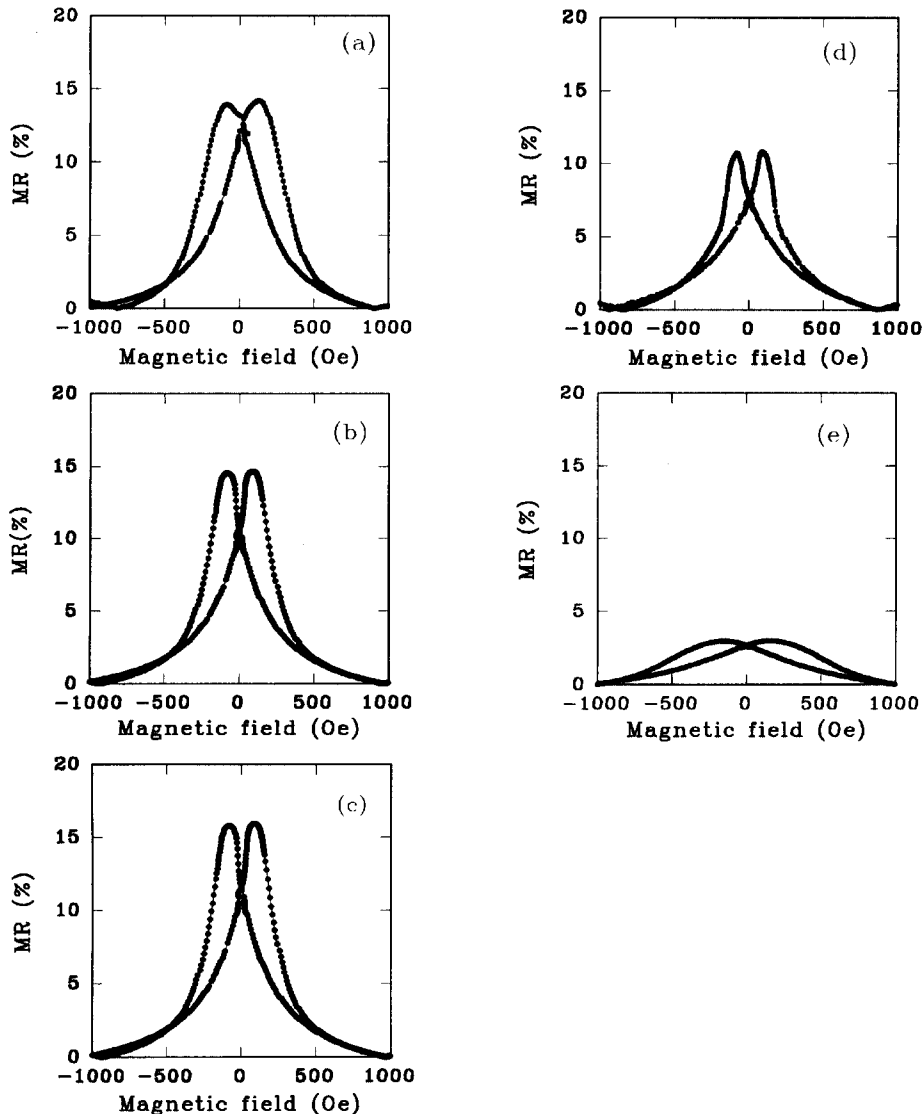


Fig. 9. Dependence of the MR ratio on the annealing temperature in glass/Fe(60Å)/[CoFe(9Å)/Cu(20Å)]₁₅ multilayers (a) as-deposited, (b) after annealing at 150 °C for 2hrs, (c) after annealing at 250 °C for 2hrs, (d) after annealing at 300 °C for 2hrs, (e) after annealing at 450 °C for 2hrs.

쳐 나타난 결과라 생각한다.

Fig. 8은 Buffer(60Å)/[CoFe(9Å)/Cu(20Å)]₁₅ 다층박막에서 기저층으로 Fe, Cr, Cu, Ta를 갖는 경우에 대한 각각의 high angle XRD 측정 결과이다. Shen 등의 보고[5]에서와 같이 모두(111) 피크만을 가지고 성장함을 볼 수 있을 뿐 다른 texture 구조의 차이는 볼 수 없었다. Cr 기저층을 갖는 시료의 피크 강도가 Fe 기저층을 갖는 시료보다 크게 나타나 있으며 이 최절 피크가

2θ = 43.5 도에서 나타남을 알 수 있었다.

Fig. 9는 Ar 압력 5 mTorr에서 제작한 Fe(60Å)/[CoFe(9Å)/Cu(20Å)]₁₅ 시료에 대하여 자기저항비의 열처리 온도별 자기저항곡선을 나타낸 것이다. 박막을 제작한 후의 열처리는 재료의 신뢰성 향상을 위해 매우 중요한 과정이지만 일반적으로 열처리는 확산을 유도하게 되기 때문에 다층박막과 같이 두 가지 이상의 원소를 원자 단위로 섞이지 않도록 적층해야할 경우에

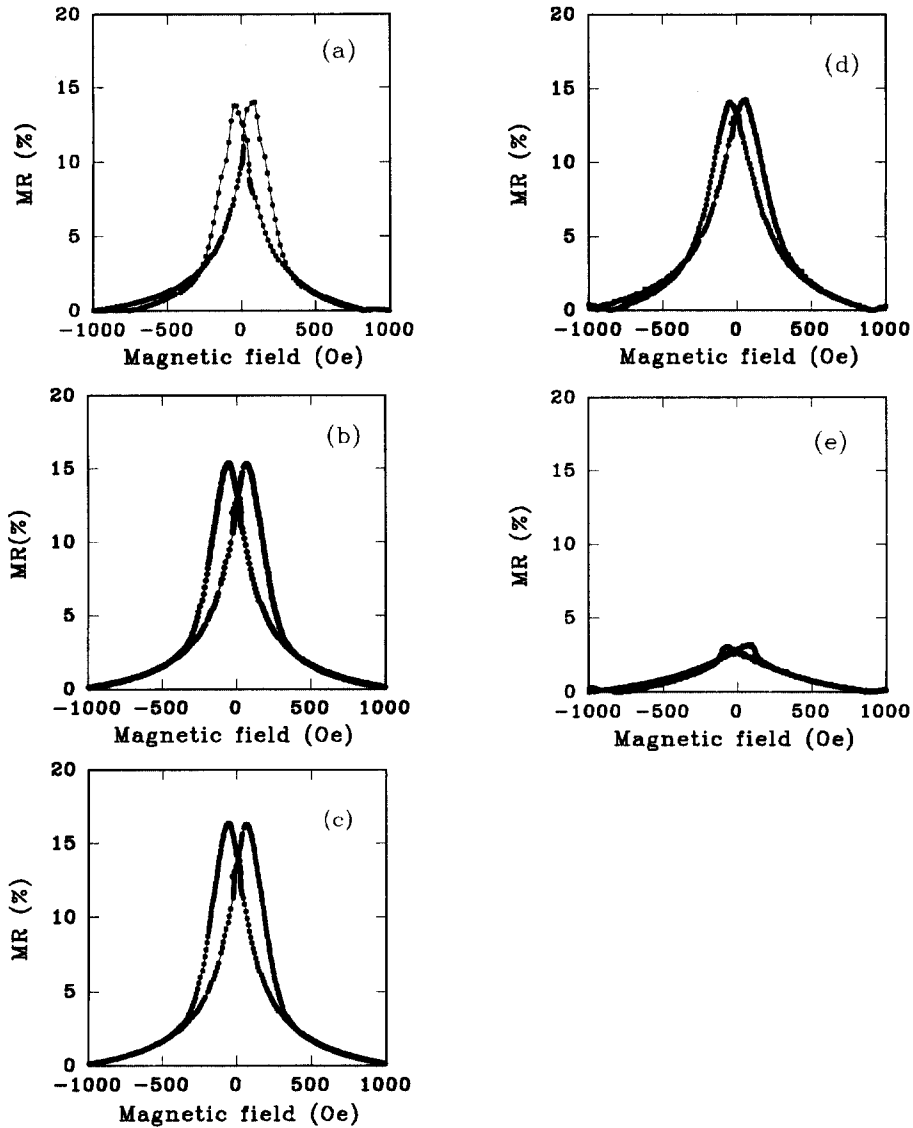


Fig. 10. Magnetoresistance curves of glass/Cr(60Å)/[CoFe(9Å)/Cu(20Å)]₁₅ multilayers (a) as-deposited, (b) after annealing at 150 °C for 2hrs, (c) after annealing at 250 °C for 2hrs, (d) after annealing at 300 °C for 2hrs, (e) after annealing at 450 °C for 2hrs.

는 기피하여 왔다. 박막내의 잔류 응력 제거 등의 목적으로 부득이 열처리를 해야 하는 경우에는 통상 200 °C 이하의 온도에서 오랜 시간 동안 열처리를 하지만 MBE로 형성된 Co/Cu 다층박막의 경우에는 150 °C의 열처리로도 자기저항비가 크게 감소한다고 보고[8]되어 있다. Fig. 9의 결과에서는 상온에서 14%를 보이던 것이 열처리 온도가 증가함에 따라서 자기저항비는 점차 증가하여 250 °C에서 2시간 열처리한 경우에 극대값 16%를 나타낸 후 300 °C에서 10.8%를 나타내다가, 급격히 감소하여 450 °C에서는 3.0%가 되었다. 이와 같이 300 °C 열처리 이후 자기저항비가 급격하게 감소한 것은 계면에서 두 원소의 상호확산 반응에 기인하여 나타난 결과라고 생각된다. 이러한 결과로부터 MBE로 제작한 Co/Cu 다층박막의 경우에는 달리 스퍼터링 방법에 의해 제작한 CoFe/Cu 다층박막의 경우에는 열적 안정성을 기대할 수 있는 결과라고 생각한다.

Fig. 10은 Cr을 기저층으로 했을 때 glass/Cr(60Å)/[CoFe(9Å)/Cu(20Å)]₁₅ 시료에 대한 열처리 온도별 자기저항곡선을 나타낸 것이다. 이 경우 역시 Fe 기저층 시료의 경우와 마찬가지로 250 °C에서 극대 자기저항비 16.2%를 보이거나 300°C로 높아짐에 따라 14%를 유지하여 자기저항비의 감소가 Fe 기저층 경우보다 크지 않아 열적안정성이 더 높은 것을 알 수 있다.

Fig. 11은 glass/Fe(60Å)/[CoFe(9Å)/Cu(20Å)]₁₅ 시료에 대하여 상온 및 열처리 온도별 소각 X선 회절측정 결과이다. 이러한 소각 회절강도는 계면 주기성 뿐만 아니라 계면 거칠기 또는 계면 명확성에 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 여기서 소각 X선 회절강도는 150 °C에서 열처리한 경우 상온에서보다 약간 증가하여 250 °C까지 증가한 후 그 이상의 온도에서는 감소함을 나타내었다. 이것은 자기저항비가 열처리에 따라 서서히 증가하여 250 °C에서 극대값을 보이다가 그 이상의 온도에서는 감소하는 결과와 대응하는 결과라 생각된다. 따라서 250 °C까지의 열처리는 계면 거칠기 증가에 의한 스핀의존 산란 향상 효과에 기인하여 자기저항비가 증가하며 300 °C 이상의 열처리는 계면에서 두 원소의 상호확산[8]이 발생하여 소각 회절선 강도가 줄어들고 자기저항비도 감소하는 것이라 생각한다. Cr을 기저층으로 하여 제작한 시료의 열처리 온도별 소각회절 결과는 앞의 Fe 기저층의 경우와 비슷한 경향의 결과를 나타내었다.

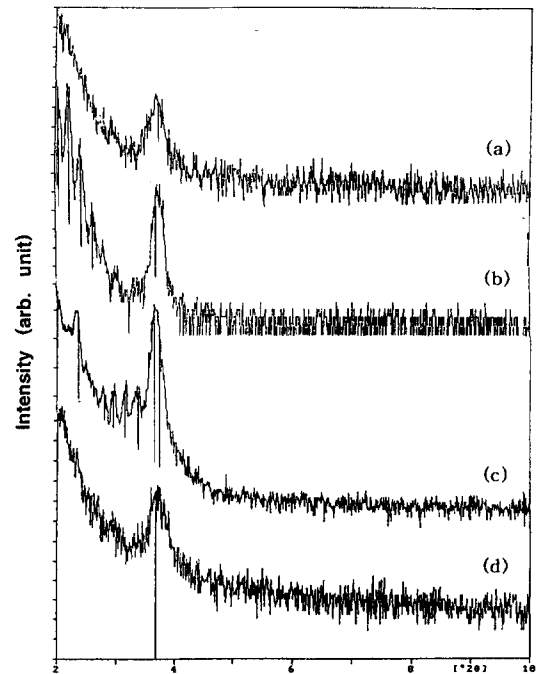


Fig. 11. Small angle X-ray spectra of glass/Fe(60Å)/[CoFe(9Å)/Cu(20Å)]₁₅ (a) as-deposited, (b) after annealing at 150 °C for 2hrs, (c) after annealing at 250 °C for 2hrs, (d) after annealing at 300 °C for 2hrs.

IV. 결 론

DC magnetron sputtering 방법으로 제작한 기저층을 갖는 [CoFe/Cu]_N 다층박막에 대하여 자기저항비의 비자성층 Cu 두께, 기저층 종류와 두께, 층수, Ar 압력 및 열처리 의존성을 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Fe 기저층을 갖는 [CoFe/Cu] 다층박막의 자기저항비는 비자성층 Cu 두께 변화에 따라 진동하는 것을 알 수 있었다.
- 2) Fe와 Cr 기저층을 갖는 CoFe/Cu 다층박막의 극대 자기저항비의 크기는 약 14% 정도로 비슷하고 다른 기저층을 갖는 시료보다 큰 값을 나타내었으며 약 60 Å 정도의 기저층 두께에서 극대값을 보였다.
- 3) CoFe/Cu bilayer의 층수 N=15 일 때 다층박막의 구조가 개선되고 적층계면의 명확성이 증대되어 극대 자기저항비를 나타내었다.
- 4) 5 mTorr Ar 압력에서 극대자기저항비와 자기이력 곡선의 극소 각형비를 보여 자기저항비와 1-M_r/M_s는 직선적 비례관계를 나타내었다.

5) 2시간 열처리 한 경우 열처리온도 250 °C까지는 자기저항비가 서서히 증가되었으며 이보다 높은 온도에서의 열처리는 계면 확산을 일으켜 자기저항비의 감소를 가져오는 것을 알 수 있었다.

6) 스퍼터링 방법으로 제작한 Fe와 Cr 기저층을 갖는 CoFe/Cu 다층박막이 MBE 방법으로 제작한 Co/Cu 다층박막의 경우보다 더 높은 열적안정성을 기대할 수 있으며, Cr 기저층 시료가 열처리온도 300 °C인 경우에도 자기저항비 14%를 유지하여 Fe 기저층 시료보다 열적안정성이 더 좋음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 1996년도 숙명여자대학교 교비 특별연구비에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] M. N. Baibich, J. M. Broto, A. Fert, Nguyen Van Dau, F. Petroff, P. Etienne, G. Crezet, and J. Chazelas, *Phys. Rev. Lett.* **61**, 2742 (1988).
- [2] T. Takahata, S. Araki, and Y. Sinjo, *J. Magn. Magn. Mater.* **82**, 287 (1989).
- [3] J. Daughton and Y. J. Chen, *IEEE Trans. Mag.* **MAG-29**, 6 (1993).
- [4] A. V. Phom *et al.*, *IEEE Trans. Mag.* **MAG-25**, 4266 (1989).
- [5] Jian X. Shen *et al.*, *IEEE Trans. Magn.* **31**, 3933 (1995).
- [6] S. S. P. Parkin, Z. G. Li, and D. J. Smith, *Appl. Phys. Lett.* **58**(23), 2710 (1991).
- [7] G. Rupp and K. Schuster, *J. Magn. Magn. Materials* **121**, 418 (1993).
- [8] S. Joo, Y. Obi, K. Takanashi and H. Fujimori, *J. Magn. Magn. Mater.* **104**, 1753 (1992).

Magnetoresistance in Buffer / [CoFe / Cu]_N Multilayer

E. Y. Shong, M. Y. Oh, H. J. Lee, K. M. Kim, M. Y. Kim and J. R. Rhee

Physics Department, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

H. J. Kim

*Division of Metals, Korea Institute of science and Technology
39-1, Hawolgok-Dong, Seongbuk-Gu, Seoul, 136-791, Korea*

(Received 2 April 1998, in final form 20 August 1998)

Dependence of magnetoresistance on the thickness of Cu, the type and thickness of buffer layer, Ar pressure, the stacking number of multilayer and annealing condition in the buffer/[CoFe/Cu]_N multilayer, prepared by dc magnetron sputtering on Corning glass, were investigated. The magnetoresistance oscillate in magnitude with the thickness of the Cu spacing layer. We found that the thickness of suitable buffer layer is approximately 60 Å. The magnetoresistance ratio exhibits a maximum of 14% for the multilayer with stacking number of 15 prepared in Ar pressure of 5 mTorr. Magnetoresistance ratio of the multilayer annealed below 250 °C was increased due to the larger textured grain with periodicity, but reduced at the temperature higher than 250 °C because of the interfacial mixing and diffusion. We found that thermal stability of the sample with Cr buffer layer is higher than that of the sample with Fe buffer layer.