

CoZr/Ag/CoCr 3층박막의 강자성 결합

고려대학교 물리학과 박용성*, 임우영
 충남대학교 재료공학과 백중성, 김종오
 청주대학교 물리학과 이수형

Ferromagnetic coupling of CoZr/Ag/CoCr trilayer films

Korea University Y. S. Park* and W. Y. Lim
 Chungnam National University J. S. Baek and C. O. Kim
 Chongju University S. H. Lee

1. 서 론

최근, 자성층/비자성층/자성층 구조를 갖는 3층박막 및 다층박막에서 비자성층이 자성층 사이의 층간 상호작용에 미치는 영향에 대해 많은 연구[1-3]가 진행되고 있다. 자성층 사이의 층간 상호작용은 강자성 공명(ferromagnetic resonance; FMR), Brillouin Light Scattering(BLS), Surface Magneto-optical Kerr Effect(SMOKE), 그리고 자기저항(MR) 측정 등을 사용하여 연구되고 있다. 특히, 강자성 공명신호의 공명자기장과 세기는 강자성층 사이의 교환결합(exchange coupling)에 매우 민감한 특성을 가지므로, 강자성공명실험은 강자성층 사이의 교환결합세기(exchange coupling strength)를 고찰하는데 매우 유용하다. 본 연구에서는 직류 및 고주파 마그네트론 방식으로 제조한 CoZr(300 Å)/Ag(t)/CoCr(300 Å) (t = 10, 20, 30, 40, 60, 100, 150 Å) 3층박막에 대해 강자성 공명실험을 수행하므로서 Ag 층의 두께가 CoZr과 CoCr 사이의 층간 상호작용에 미치는 효과를 고찰했다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 CoZr(300 Å)/Ag(t)/CoCr(300 Å) (t = 10, 20, 30, 40, 60, 100, 150 Å) 박막시료는 직류 및 고주파 마그네트론 스파터링 방식으로 제조하였다. 이때 기판은 5 mm 두께의 Si (100)-wafer, CoZr 스파터링 타겟은 복합모드형, 그리고 CoCr 스파터링 타겟은 합금형 타겟을 사용했다. 박막제작시 배경압력은 9.0×10^{-7} torr, 아르곤 압력은 10 mtorr였다. 이와같이 제조된 시료의 교환결합세기를 고찰하기 위한 강자성공명실험은 다음과 같다. 즉, 직경이 3 mm ϕ 인 디스크형 시료를 석영봉에 부착한 후, 정자기장과 마이크로파(~ 9.44 GHz)가 서로 직교하는 공동(TE₀₁₁) 내에 위치시킨채, 0~17000 Oe의 정자기장 영역에서 미분형 공명신호를 관측했다. 이와같은 방법으로 정자기장의 방향을 시료면에 대해 수직 및 수평하게 유지시켜 주면서 실험을 반복했다.

3. 결과 및 고찰

자성층(A)/비자성층/자성층(B)-구조를 갖는 3층박막에 자기장이 박막면에 수직인 방향으로 인가되는 경우, 자화의 운동방정식을 풀면 다음 식과 같이 표현되는 층간결합상수(interfacial coupling constant) K를 구할 수 있다[2].

$$K = \frac{-a_2 + \sqrt{a_2^2 + 4a_1a_3}}{2a_3} \quad (1)$$

$$a_1 = (\Omega_A^2 - X^2)(\Omega_B^2 - Y^2), \quad a_2 = 2(XM_B\Omega_B^2 + YM_A\Omega_A^2) - 2XY(YM_B + XM_A),$$

$$a_3 = (M_A \Omega_A + M_B \Omega_B)^2 - (X M_A + Y M_B)^2,$$

$$\Omega_A = \frac{t_A \omega}{\gamma_A}, \quad \Omega_B = \frac{t_B \omega}{\gamma_B}, \quad X = t_A (H_{rA} + H_{kA}), \quad Y = t_B (H_{rB} + H_{kB})$$

이때, K는 교환결합세기(exchange coupling strength) K'과 다음과 같은 관계가 있다.

$$K' = K \sqrt{\frac{M_{effA} M_{effB}}{t_A t_B}} \quad (2)$$

M_{effA} : A-층의 유효자화, M_{effB} : B-층의 유효자화, t_A : A-층의 두께, t_B : B-층의 두께

따라서, 강자성공명실험에서 관측되는 공명자기장 H_{rA} 및 H_{rB} 와 식(1), (2)를 사용하면 K'을 구할 수 있다. 그림 1.에 강자성 공명실험에서 관측한 공명자기장을 나타냈으며, 그림 2.에 강자성공명실험결과를 분석하여 구한 K'을 비자성층(Ag)의 두께의 함수로 나타냈다. 여기서 보면, 모든 시료에 대해 $K' > 0$ 이므로, CoZr 및 CoCr 층 사이의 상호작용은 강자성결합(ferromagnetic coupling)임을 알 수 있다. 그리고, Ag 층의 두께가 60 Å까지 증가하는 동안 K'은 진동하는 모습을 보이며, 그 이상에서는 점차 감소하다가 Ag 층의 두께가 100 Å 이상이 되면 거의 일정한 값을 갖는다. 그리고 Ag 층의 두께가 10 Å 일 때, K'이 최대값(약 748 Oe)을 보였다.

4. 참고문헌

- [1] Z. Zhang, L. Zhou, P. E. Wigen, K. Ounadjela, Phys. Rev. B, 50(9), 6094(1994)
- [2] A. Layadi, J. O. Artman, J. Phys. D, 30, 3312(1997)
- [3] Hiroki Yamazaki, J. Magn. Magn. Mater, 125, 272(1993)

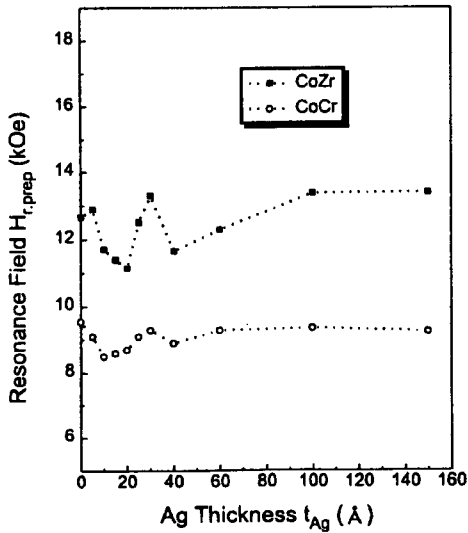


Fig. 1 Resonance fields as a function of the t_{Ag} .

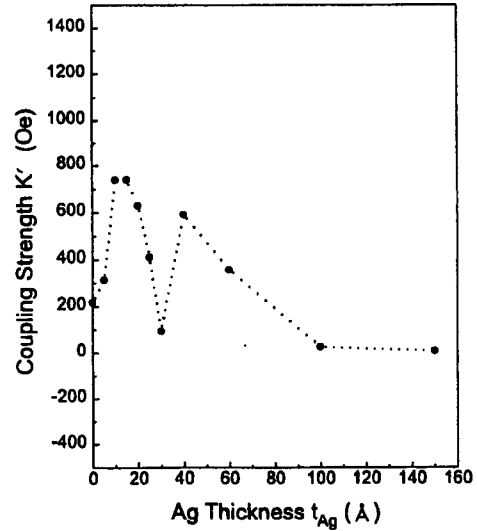


Fig. 2 Coupling strength as a function of the t_{Ag} .