

CrMo 사이층을 이용한 AFC 매체에서의 결정립간 자기적 분리의 강화 (Enhancement of grain isolation by interdiffusion in AFC media with CrMo spacer layer)

한국과학기술원 탁영욱*, 이택동
삼성전자 오세충
Samsung Information Systems America 홍수열

1. 서론

최근 자기기록용 하드디스크 드라이브에 사용되는 수평기록 매체의 열적안정성을 향상시키기 위한 새로운 대안으로 antiferromagnetically coupled (AFC) media [1]가 제시되었다. 이 매체는 두께가 다른 두 Co alloy 자성층, 즉 기록층(recording layer)과 안정화층(stabilization layer)이 Ru 층을 사이에 두고 강한 층간-상호작용(interlayer indirect exchange coupling)에 의해 서로 반대방향의 자화를 이루는 remanent state를 가진다. 이러한 자성층 구조는 낮은 $M_r \cdot \delta$ 를 갖게 되며 따라서 bit-cell 간의 demagnetizing field가 감소하여 기록특성과 열적안정성 면에서 긍정적인 효과가 기대된다.

이전의 연구[2]에서 새로이 제안한 CrMo 사이층을 이용한 AFC 매체에서도 기존의 Ru 사이층을 이용한 AFC 매체에서와 마찬가지로 두 층간의 반강자성결합으로 인한 $M_r \cdot \delta$ 의 감소가 있음을 확인하였다. 열적안정성 비율인, $K_u V / k_B T$ 또한 기존의 AFC 매체와 거의 비슷한 값을 보였음을 확인하였다.

본 발표에서는 CrMo 사이층을 이용한 AFC 매체에서 나타난 결정립간 자기결합의 감소 현상을 중심으로 다루며, CrMo 합금의 층간 확산(interlayer diffusion)에 의해서 매체의 noise 특성이 향상될 것을 제안한다. 또한 실험과 함께 micromagnetic 모델링을 통해 층간-반강자성결합 상수와 결정립간-자기결합 상수를 변화시키면서 AFC media의 자화 거동을 알아보았다.

2. 실험 및 모델링 방법

실험으로는 두 개의 다른 조성을 갖는 CoCrPt 합금, $Co_{68}Cr_{17}Pt_{15}$ ($M_s = 410 \text{ emu/cm}^3$)과 $Co_{66}Cr_{22}Pt_{12}$ ($M_s = 300 \text{ emu/cm}^3$)을 기록층(RL)과 안정화층(SL)으로 사용하였다. 실험에 사용된 모든 AFC 매체는 [RL(10 nm) / $Cr_{80}Mo_{20}$ or Ru / SL(3 nm)]의 박막 구조를 산화 Si 기판위에 약 200 °C에서 dc magnetron 으로 증착한 것이다. Ru 사이층을 사용한 AFC 매체를 AFC-I으로 부르며, CrMo 사이층을 사용한 AFC 매체를 AFC-II으로 부르자. 자기적 결정립분리는 \dot{M} curve와 MFM 분석을 통해 관찰하였다.

모델링에서는 사이층(Ru 또는 CrMo)에 의해 분리된 두 Co alloy 자성층에서 Epitaxial growth와 uniform grain size를 가정하였다. 안정화층(SL)에 비해 큰 두께를 가진 위층 기록층(RL)의 결정자기이방성 상수와 두께는 각각 K_{u1} , t_1 으로 표시된다. 두 자성층의 자화용이축은 2-D random으로 분포하며 각 grain의 자화방향은 Landau-Lifshitz-Gilbert dynamic equation에 따라 계산되어졌으며 이때 phenomenological damping parameter는 0.1로 주었다. 계산에 사용된 반강자성결합 상수(antiferromagnetic coupling constant) J 값은 사용된 사이층에 따라 0.1 erg/cm^2 에서 0.5 erg/cm^2 까지의 범위에서 변화시켰다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1(a)은 AFC-I의 Ru 사이층의 두께변화를 통해 Hex_2 를 변화시키면서 \dot{M} curve 얻은 결과이다. Hex_2 가 감소함에 따라 \dot{M} 은 높은 positive peak을 보인다. 이것은 \dot{M} 이 결정립간-자기결합 뿐만 아니라 층간-반강자성결합에도 의존함을 나타낸다. 반대로, Hex_2 가 클수록 \dot{M} 이 작아진다는 것을 유추할 수 있다. 결정립간-자기결합의 경우는 결합이 클수록 이 커진다. 이러한 경향들은 Fig. 1 (b)에서 보듯이 micromagnetic simulation에서도 똑같이 나타난다. 여기서는 기록층과 안정화층의 자기이방성 상수로 $K_{u1}=1.3 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$ 와 $K_{u2}=0.6 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$ 을 사용하였다. 그림에서 보듯이 $J = -0.5 \text{ erg/cm}^2$ 의 경우처럼 층간-반강자성결합이 다소 높은 경우에 \dot{M} curve에서 작은 peak value와 약간 높은 peak position을 보인다.

Fig. 2는 AFC-I 와 AFC-II의 \dot{M} curve를 보여준다. 본 연구에서 Hex_2 의 최대값은, AFC-I에서는 Ru 사이층의 두께 $t_{Ru} = 0.6 \text{ nm}$ 에서 $Hex_2=1380 \text{ Oe}$ 였으며, AFC-II에서는 CrMo 사이층의 두께 $t_{CrMo} = 1 \text{ nm}$ 에서 $Hex_2=275 \text{ Oe}$ 였다. 작은 값의 Hex_2 을 가지는 AFC-II의 경우가 AFC-I보다 더 적은 \dot{M} peak 값을 나타내었다. 이것은 AFC-II의 경우에 더욱 약한 결정립간-자기결합을 보인다는 것을 지적한다. 이

러한 거동에 대한 가능한 mechanism은 CrMo 사이층으로부터 grain-boundary로의 Cr 확산이다. 사이층에서 Cr이 기록층 등으로의 확산됨으로 인해서 결정립간-자기결합을 감소시켜 결과적으로 기록층의 CoCrPt 결정립들을 자기적으로 분리시켜 magnetic cluster 크기를 감소시켰을 가능성이 있다.

Fig. 3는 ac-demagnetized state에서의 AFC-I와 AFC-II의 MFM image이다. 여기서 white/black이 선명한 부분은 박막의 두께방향으로 magnetic flux의 출입이 있는 부분이다. 명암이 gray 계통은 magnetic flux의 변화가 없는 부분으로 결정립간 자화가 강하게 결합되어 비슷한 자화방향을 이루는 부분에 해당한다. 작은 ΔM 을 보이는 AFC-II의 경우가 큰 ΔM 을 갖는 AFC-I의 경우보다 자구(magnetic cluster)에 해당하는 gray 영역의 크기가 더 작고 균일하게 분포하고 있음을 알 수 있다.

4. 참고문헌

- [1] Eric E. Fullertin, et al., Antiferromagnetically coupled magnetic media layers for thermally stable high-density recording, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 77(23), p.3806 (2000).
 [2] S. C. Oh, Y. W. Tahk, S. Y. Hong, H. J. Lee, and T. D. Lee, Effects of CrMo spacer layer on thermal stability and magnetic properties in an antiferromagnetically coupled medium, *J. Appl. Phys.*, vol. 93(10), p.7771 (2003).

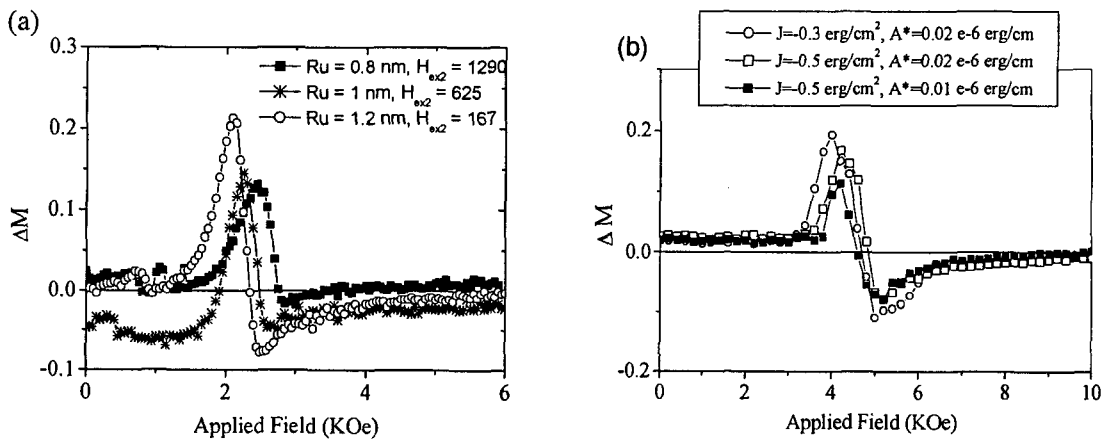


Fig. 1. (a) ΔM curves of as a function of Hex2 for a series of AFC-I samples. (b) Simulated ΔM curves for different AF coupling constant J and intergranular exchange coupling constant A^* .

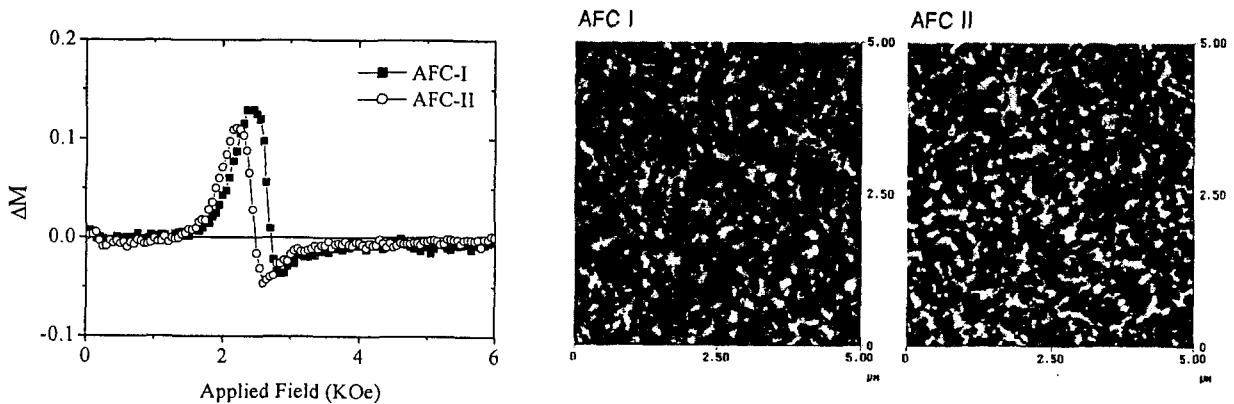


Fig. 2. ΔM curves of AFC-I and AFC-II.

Fig. 3. MFM images of AFC-I and AFC-II.