

Pt 함량에 따른 CoCrPt 합금박막의 국소보자력 분포 변화

임미영 · 최석봉 · 신성철*

한국과학기술원 물리학과 및 스핀정보물질연구단
대전광역시 유성구 구성동 373-1, 305-701

(2002년 1월 28일 받음, 2002년 2월 18일 최종수정본 받음)

CoCrPt 합금박막의 국소보자력 분포를 400 nm 공간분해능으로 8000개의 국소영역을 동시에 측정할 수 있는 광자기 현미경 자력계로 관찰하였다. 시료들은 dc 마그네트론 스퍼터링 방식으로 Pt 함량을 6 at.%에서 28 at.%로 변화시키며 제작되었다. Pt 함량이 증가함에 따라, 국소보자력 분포가 정규분포에서 비정규분포로 변화하며 국소보자력 분포폭이 증가함을 발견하였다. 투과전자현미경으로 관찰한 미세구조를 분석한 결과는 국소보자력 분포 변화가 결정립의 크기 분포 및 평균크기 변화와 깊이 연관되어 있음을 나타내었다.

주제어 : CoCrPt 합금박막, 국소보자력 분포, 결정립 크기 분포, 광자기 현미경 자력계, 미세구조

I. 서 론

CoCr계 합금박막은 높은 수직자기 이방성과 결정립 경계의 조성편석에 의해 작은 매체잡음을 지니고 있기 때문에 차세대 고밀도 수직 자기기록 매체로써의 연구가 지속적으로 이루어져 왔다[1-6]. 특히, CoCrPt 합금박막은 다른 CoCr계 합금박막과 비교하여 더 높은 결정자기 이방성과 보자력을 가지므로 가장 높은 관심의 대상이 되어왔다[7,8].

CoCrPt에 대한 많은 연구들은, 기록밀도를 높이기 위하여 보자력과 수직자기 이방성을 향상시키고 결정립 경계에 조성편석을 유도하여 결정립 크기를 줄이는 동시에 결정립간 결합력을 감소시킴으로써 매체잡음을 줄이려는 방향으로 진행되어 왔다[9-12]. 초고밀도 자기기록 매체를 만들기 위해서는 자기 및 광자기적 성질과 구조적 특성에 대한 연구 이외에도 국소영역의 자기적 특성 변화를 고찰하는 것이 매우 중요해 지는데, 이것은 국소영역의 자기적 특성 변화가 박막의 자기 구역 역전거동을 결정하는데 중요한 영향을 미치기 때문이다. Co/Pd 다층박막의 경우, 국소영역의 자기적 특성 변화에 따라 핵형성 과정과 자기구역 이동 과정의 대조적인 자기구역 역전거동을 보이는 것으로 보고된 바 있으며, 측정된 자기구역 역전패턴이 국소영역의 자기적 특성인 국소영역의 보자력 분포와 정확히 일치함이 보고되었다[13, 14].

본 연구에서는 수직자기 이방성을 가지는 CoCrPt 합금박막에 대한 국소영역의 자기적 특성 변화를 고찰하였다. 국소영역의 자기적 특성 변화에 대한 연구는, 박막의 구조에 따라 민감하게 변화하는 자기특성으로 알려져 있는 국소영역의 보자력 분포를 측정함으로써 수행하였으며, Pt의 함량에 따른

박막의 미세구조변화와 연관시켜 분석하였다.

II. 시료의 제작과 실험

CoCrPt 합금 박막 시료들은 Pt 조성을 6 at.%에서 28 at.%까지 변화시키며 dc-마그네트론 스퍼터링법으로 제작되었다. 수직방향의 결정배향성을 좋게 하기 위해, 유리기판위에 Ti 하지층을 쌓은 다음 Pt 칩을 얹은 CoCr 합금 타겟을 사용하여 CoCrPt 합금박막을 증착하였다. 또한, 시료들의 Kerr 회전각을 크게 하기위해 500 Å의 Si₃N₄를 증착하였다[15]. 시료들의 수직자기 이방성은 제작조건에 따라 매우 민감하게 변함을 확인하였고, 최적의 수직자기 이방성은, 실온의 3 mTorr 스퍼터링 압력하에서 만들어진 400-Å (Co₇₂Cr₁₈)_{100-x}Pt_x/1100 Å Ti 합금박막 시료에서 얻을 수 있었다. 제작된 시료들의 결정배향성과 표면 구조(morphology)는 각각 x-선 회절기와 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였으며, 박막의 결정립 크기와 결정립 크기분포는 투과전자현미경을 이용하여 관측한 영상을 분석함으로써 구하였다. 또한, MOKE(Magneto-Optical Kerr Effect) 분광 시스템과 진동시료자력계(Vibrating Sample Magnetometer)를 이용하여 시료들의 Kerr 회전각과 보자력 등의 자기 및 광자기적 성질을 측정하였다.

국소영역의 보자력분포는 1000배의 배율에서 0.2°의 Kerr 회전각 감도를 갖는 광자기현미경자력계(MOMM)로 측정하였다. 광자기현미경자력계는 광자기 Kerr효과를 이용하여 자기구역을 영상화할 수 있는 광학편광 현미경으로 구성되어 있으며, 현미경 시스템에 장착된 CCD 카메라는 자기구역을 촬영할 수 있게 되어있다[16]. 자기구역은 400 nm의 공간 분해능을 가지는 CCD 화소들에서 측정된 Kerr 강도를 영상화한 것이다. 광자기 현미경 자력계(MOMM)를 이용해 ±4 kOe의

*Tel: (042)869-8166, E-mail: shin@kaist.ac.kr

외부자장을 걸어주면서, 8000개 국소영역의 자기이력곡선을 동시에 측정하여 40 μm×32 μm 국소영역의 보자력 분포를 구하였다.

III. 결과 및 논의

시료들에 대한 국소영역의 자기적 특성 변화를 알아보기 위해, 광자기 현미경 자력계를 이용하여 국소영역의 자기이력곡선을 동시에 측정함으로써 국소영역의 보자력분포를 구하였다. 실험의 정확성을 높이기 위해, 국소영역의 자기이력곡선은 자장을 10 Oe/s 속력으로 걸어주면서 36번씩 측정된 측정치의 평균을 취하여 얻었다.

그림 1에서는 본 실험에서 제작된 400-Å(Co₇₂Cr₁₈)_{100-x}Pt_x/1100-Å Ti 시료들에 대한 국소영역의 보자력 분포밀도를 보여준다. 국소영역의 보자력 분포밀도는 8000개의 국소영역에서 동시에 측정된 보자력에 대한 것으로, 보자력의 간격은 10 Oe로 하였고 총 국소영역의 수로 표준화하여 구하였다. CoCrPt 합금 박막의 Pt 함량이 증가함에 따라, 국소영역의 보자력 분포는 분포형태와 분포폭이 모두 변함을 알 수 있었다. 그림 1(a), (b)는 시료의 Pt 함량이 각각 6 at.%, 13 at.% 일때, 국소영역의 보자력 분포가 정규분포와 잘 일치함을 보여준다. 국소영역의 보자력 분포가 정규분포를 따르는 것은, 인접한 국소영역들이 독립적인 자기적 특성을 가지기 때문으로 이해할 수 있다. 반면에, 그림 1(c), (d)와 같이 Pt 함량이 21 at.%, 28 at.%일때 비정규분포를 보이는 것은, 일부 인접한 국소영역들이 자기적으로 상호작용하는 결과로 해석할 수 있다. 분포형태의 변화 뿐 아니라 분포폭이 변화함을 그

림 1로부터 알 수 있다. Pt 함량이 증가함에 따라, 국소영역의 보자력 분포폭이 0.17 kOe에서 0.34 kOe로 넓어지는 것으로 나타났다.

Pt 함량에 따른 시료들의 구조적 변화는 투과전자 현미경과 주사전자 현미경으로 관찰하였다. 주사전자 현미경으로 시료들의 표면상태를 관찰해 본 결과, 모든 시료가 결정립 구조를 가지고 있음을 알 수 있었다. Pt 함량이 증가할수록 결정립 크기는 커지는 것으로 나타났으며 결정립 경계에 조성편석은 감소하고 있음을 확인할 수 있었다. 그림 2(a), (b)에서는 Pt 함량이 각각 6 at.%, 28 at.%인 시료들의 표면상태를 보여준다. Pt 함량이 6 at.%인 시료의 경우, 결정립 경계의 조성편석에 의해 고립되어 있는 작은 크기의 결정립들이 형성되어 있음을 관찰할 수 있다. 이와 같은 결과는 CoCrPt 합금 박막의 구조에 대한 기존의 연구결과와 일치한다[17].

Pt 함량에 따른 시료들의 구조변화를 바탕으로, 국소영역의 보자력 분포에서 나타나는 분포형태 변화를 설명할 수 있다. 즉, Pt 함량이 증가함에 따라 국소영역의 보자력 분포가 정규

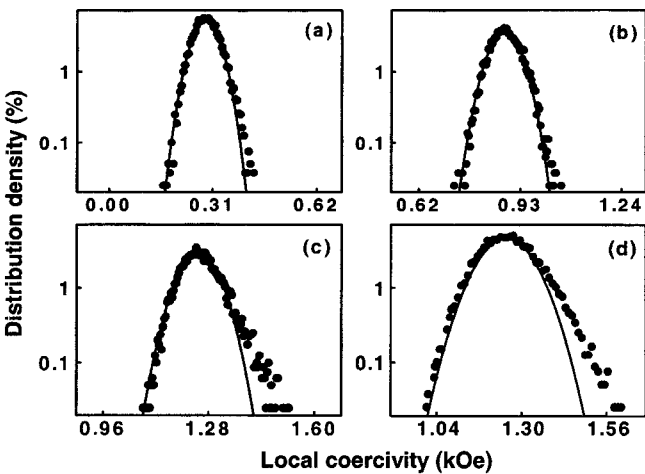
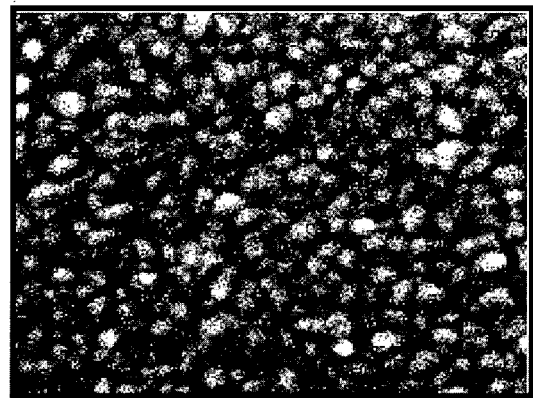
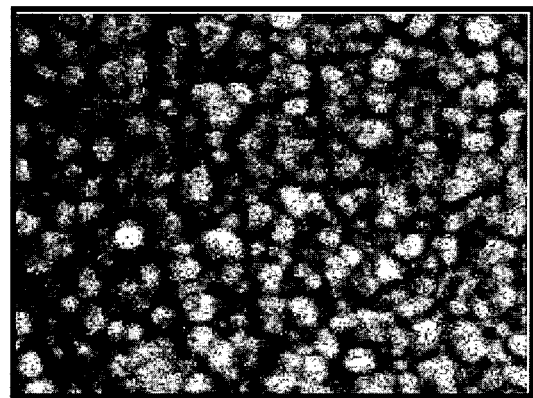


Fig. 1. Distribution density of the local coercivity of the 500 Å Si₃N₄/400 Å (Co₇₂Cr₁₈)_{100-x}Pt_x/1100 Å Ti alloy films with (a) x = 6, (b) x = 13, (c) x = 21, and (d) x = 28 at. %. The solid line is the best fit to the Gaussian distribution function.



(a) 100nm



(b)

Fig. 2. Growth morphology images of the 500 Å Si₃N₄/400 Å (Co₇₂Cr₁₈)_{100-x}Pt_x/1100 Å Ti alloy films with (a) x = 6 and (b) x = 28 at. %.

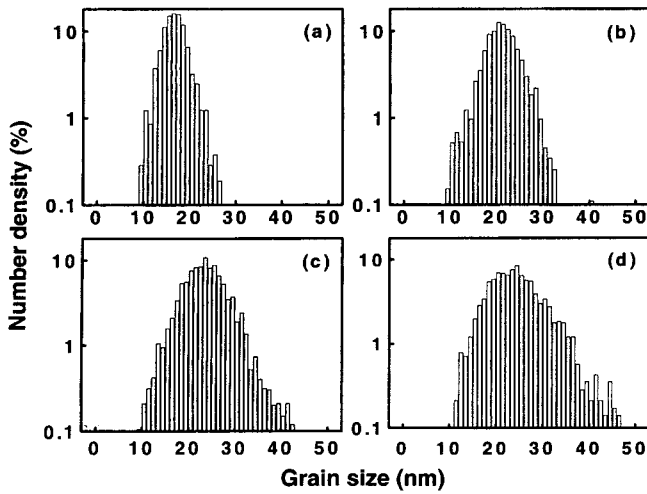


Fig. 3. Distribution density of the grain size of the 500 Å Si₃N₄/400 Å (Co₇₂Cr₁₈)_{100-x}Pt_x/1100 Å Ti alloy films with (a) x = 6, (b) x = 13, (c) x = 21, and (d) x = 28 at. %.

분포에서 비정규분포로 변하는 것은 결정립 경계에 조성편석이 감소하여 인접한 결정립 사이의 교환상호작용이 강해짐으로써 발생한 것으로 이해할 수 있다. 결정립 사이의 강한 상호작용에 의해, 국소영역의 보자력 분포가 비정규분포로 나타나는 것은 Co/Pd 다층박막에서도 보고된 바 있다[18].

시료들의 구조변화가 국소영역의 자기적 특성변화에 어떠한 영향을 미치는지 더욱 자세히 고찰하기 위하여, 박막의 자기적 특성을 결정하는데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있는 결정립 크기와 결정립 크기 분포를 투과전자현미경 영상을 분석하여 구하였다. Pt 함량이 6 at.%에서 28 at.%로 증가함에 따라, 결정립의 평균 크기는 17 nm에서 25 nm로 커지고 결정립 크기의 표준편차는 3.5 nm에서 6 nm까지 증가하였다.

그림 3에 본 실험에서 제작한 시료들의 결정립 크기 분포 밀도를 나타내었다. 이때, 결정립들의 크기는 1 nm 간격으로 나누었다. Pt 함량이 증가함에 따라, 결정립 크기의 분포폭이 서서히 증가하다가 x = 28 at.%인 시료에서 급격히 넓어지는 것을 볼 수 있다.

이같은 결정립 크기의 분포폭 변화는 국소영역의 보자력 분포폭 변화와 거의 동일함을 확인 할 수 있다. 두 분포밀도의 분포폭이 동일한 경향을 나타내는 사실로부터, 국소영역의 보자력 분포폭과 결정립 크기의 표준편차가 밀접한 연관성을 지니고 있음을 유추해 볼 수 있다. 이러한 결론을 뒷받침하기 위해, 국소영역의 보자력 분포폭과 결정립 크기의 표준편차에 대한 상관관계를 그림 4에 나타내었다. 결정립 크기의 표준편차가 커질수록 국소영역의 보자력 분포폭이 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 그림 5에서 보여주는 결정립 크기에 따른 보자력 변화를 고찰함으로써 이해 할

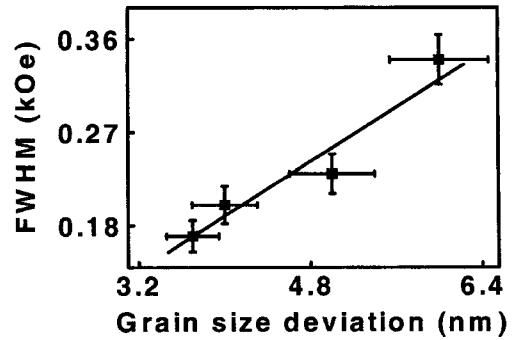


Fig. 4. The width of the local coercivity distribution versus the standard deviation of grain size for the 500 Å Si₃N₄/400 Å (Co₇₂Cr₁₈)_{100-x}Pt_x/1100 Å Ti alloy films with (a) x = 6, (b) x = 13, (c) x = 21, and (d) x = 28 at. %.

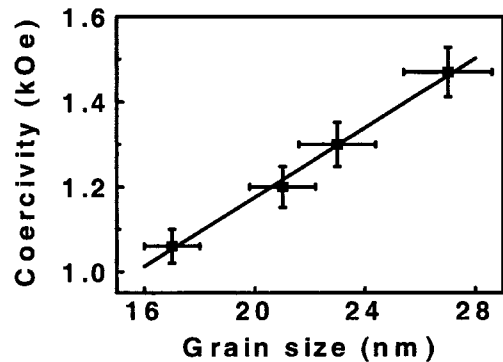


Fig. 5. The grain size versus coercivity for the 500 Å Si₃N₄/400 Å (Co₇₂Cr₁₈)_{100-x}Pt_x/1100 Å Ti alloy films with (a) x = 6, (b) x = 13, (c) x = 21, and (d) x = 28 at. %.

수 있다. 본 실험에서 제작한 시료들은 단결정자구를 형성하고 있는 박막의 경우와 같이, 결정립 크기와 보자력이 선형 비례 하는 것으로 나타났다[19].

IV. 결 론

CoCrPt 합금 박막에 대한 국소영역의 보자력 분포를 측정하고 분석함으로써 국소 영역의 자기적 특성 변화를 관찰하였다. Pt 함량이 증가함에 따라, 국소영역의 보자력 분포는 정규분포에서 비정규분포로 변하고, 분포폭은 점점 넓어지는 것으로 나타났다. Pt 함량에 따른 박막구조를 분석한 결과, 국소영역의 보자력 분포가 비정규분포로 변하는 것은 결정립 경계에 조성편석이 감소하여 인접한 결정립 사이의 상호작용이 커짐으로써 나타난 결과임을 알 수 있었다. 또한, 형성된 결정립 크기의 표준편차와 국소영역의 보자력 분포폭이 선형 비례함을 발견하였고 이를 바탕으로, 결정립 크기의 균일성이 국소영역의 보자력 분포폭을 결정하는데 중요한 요소임을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 창의적 연구 진흥사업의 연구비지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] N. Honda, S. Yanase, and K. Ouchi, J. Appl. Phys. **85**, 6130 (1991).
- [2] G. Wastlbauer, G.D. Skidmore, C. Merton, J. Schmidt, E.D. Dahlberg, and J. Skorjanec, Appl. Phys. Lett. **76**, 619(2000).
- [3] S. Iwasaki and Y. Nakamura, IEEE Trans. Magn. **13**, 1272 (1977).
- [4] M. Sagoi and T. Inoue, J. Appl. Phys. **67**, 6394(1990).
- [5] T. Keitoku, J. Ariake, N. Honda, K. Ouchi, and S. Iwasaki, J. Magn. Magn. Mater. **176**, 25(1997).
- [6] M. Futamoto, Y. Hirayama, N. Inaba, Y. Honda, K. Ito, A. Kikugawa, and T. Takeuchi, IEEE Trans. Magn. **35**, 2802 (1999).
- [7] O. Kitakami, N. Kikuchi, and S. Okamoto, J. Magn. Magn. Mater. **202**, 305(1999).
- [8] L. Tang, L.L. Lee, D.E. Laughlin, and D.N. Lambeth, Appl. Phys. Lett. **69**, 1163(1996).
- [9] N. Inaba, T. Yamamoto, Y. Hosoe, and M. Futamoto. J. Magn. Magn. Mater. **168**, 222(1997).
- [10] Y. Xu, J.P. Wang, and Y. Su, J. Appl. Phys. **87**, 6971(2000).
- [11] Y. Matsuda, Y. Yahisa, J. Inagaki, and A.Ishikawa, J. Appl. Phys. **79**, 5351(1996).
- [12] J. Zou, B. Lu, T. Leonhardt, and D. N. Lambeth, J. Appl. Phys. **87**, 6869(2000).
- [13] S. B. Choe and S. C. Shin, Phys. Rev. B **62**, 8646(2000).
- [14] S. B. Choe and S. C. Shin, Appl. Phys. Lett. **78**, 1430(2001).
- [15] 김진홍, 한국과학기술원 박사학위논문(1996).
- [16] S. B. Choe and S. C. Shin, J. Appl. Phys. **88**, 3096(2000).
- [17] N. Inaba and M. Futamoto, J. Appl. Phys. **87**, 6863(2000).
- [18] S. B. Choe, and S. C. Shin, Phys. Rev. B **57**, 1085(1998).
- [19] G. C. Hadjipanayis, J. Magn. Magn. Mater. **200**, 373(1999).

Variation of Local Coercivity Distribution in CoCrPt Alloy Films with Pt Composition

Mi-Young Im, Sug-Bong Choe, and Sung-Chul Shin*

*Department of Physics and Center for Nanospinics of Spintronic Materials,
Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon, 305-701, Korea*

(Received 28 January 2002, in final form 18 February 2002)

The local coercivity distribution of CoCrPt alloy films prepared by dc magnetron sputtering has been investigated by means of a magneto-optical microscope magnetometer (MOMM) capable of simultaneously measuring the local properties on 400 nm spatial resolutions. Serial samples of CoCrPt alloy films were prepared with the Pt composition of a range from 6 to 28 at. %. We find that the local coercivity distribution crosses over from Gaussian to non-Gaussian distribution in CoCrPt alloy films with increasing Pt composition, with increasing trends in the width of the distribution as well as the average local coercivity. Transmission electron microscopy (TEM) studies reveal that our findings are closely correlated with the dependences of the grain size distribution and its average size on Pt concentration.

Key words : CoCrPt alloy film, local coercivity distribution, grain size distribution, magneto-optical microscope magnetometer (MOMM), microstructure