

## FePt/MgO(100) 자성박막의 결정화 연구

정지욱, 조태식, 이민수  
국립상주대학교 신소재공학과

### Crystallization of FePt/MgO(100) magnetic thin films

Ji-Wook Jeung, Tae-Sik Cho, and Min-Soo Yi  
Dept. of Materials Science and Engineering, Sangju National University

#### Abstract

The crystallization of FePt/MgO(100) magnetic thin films of various thicknesses has been studied using synchrotron x-ray scattering, atomic force microscope, and vibrating sample magnetometer. In film with a 500-Å-thick, ordered (fct) FePt phase was dominantly crystallized into perpendicular (001) grains keeping the magnetically easy c-axis normal to the film plane during annealing. In film with a 812-Å-thick, however, longitudinal (110) grains keeping the c-axis parallel to the film plane were grown on top of the perpendicular (001) grains. The behavior of the magnetic properties was consistent with the thickness dependence of the crystallization. We attribute the thickness dependence of the crystallization to the substrate effect, which prefers the growth of the c-axis oriented perpendicular grains near the film/substrate interfacial area.

**Key Words :** FePt/MgO(100) magnetic thin films, thickness dependence of crystallization

#### 1. 서 론

차세대 고밀도 자기기록용 FePt 자성박막은 상온에서 불규칙 (disorder) 구조인 면심입방정 (face centered cubic, fcc)을 형성하면, 300~500℃의 증착온도 또는 증착 후 열처리를 통하여 규칙 구조인 면심사방정 (face centered tetragonal, fct)로 자발적인 장범위 화학 규칙성 (long-range chemical ordering)을 갖는다. 따라서 FePt 박막은 fct의 규칙구조를 가지도록 하는 것이 중요하다. 따라서 비규칙 구조를 갖는 FePt 자성박막은 후열처리 방법을 사용하여 규칙 구조를 갖도록 하여 높은 보자력을 얻는다. 규칙구조로 상변이를 일으키기 위하여 행하는 이 후열처리는 자성박막의 조성, 열처리 온도, 그리고 진공도 등에 따라서 변한다[1-2].

본 연구에서는 방사광 x-선 산란기술을 이용하여, R.F. 마그네트론 스퍼터로 제조된 여러 가지 두께의 FePt/MgO(100) 자성박막을 후열처리하면서 결정화를 연구하였다. 또한, FePt 결정상의 규칙-불규칙 상변태 메카니즘과 나노 결정구조의 변화를 세밀히 관찰하여, 규칙구조의 분율과 자기특성을 향상시키고자 하였다

#### 2. 실험

FePt 자성박막은 300℃에서 R.F. 마그네트론 스퍼터링에 의하여 MgO(100) 기판 위에 성장되었다. 스퍼터링에

사용된 기체는 고순도의 Ar 기체이다. Fe 타겟과 Pt 타겟을 함께 스퍼터링하였다. 방사광 x-선 산란 실험은 포항 방사광가속기의 5C2 (광주과학기술원) 빔라인에서 수행되어졌다. 방사광 x-선의 파장은 모노크로메이터에 의해 1.24 Å으로 단파장화되었다. 방사광 x-선 산란 실험은 진공중 FePt/MgO(100) 자성박막의 몇몇 열처리 온도에서 회절곡선, 록킹곡선, 그리고 x-선 반사곡선을 측정하면서 수행되어졌다. FePt 자성박막의 표면형상은 AFM을 사용하여 관찰하였고, 자성박막의 자기특성은 VSM을 사용하여 측정되었다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1에는 방사광 x-선 산란실험을 통하여 얻어진, FePt/MgO(100) 자성박막의 두께와 후열처리 온도에 따른 x-선회절 곡선을 나타내었다. FePt 자성박막은 400, 500, 600℃에서 1시간동안 진공로에서 후열처리를 수행하였다.

그림 1(a)와 1(b)에서 보듯이, 300℃에서 증착된 FePt/MgO(100) 자성박막에서는 박막두께와 관계없이  $q=1.694 \text{ \AA}^{-1}$ 와  $q=2.306 \text{ \AA}^{-1}$ 의 위치에서 회절피크가 관찰되었으며,  $q=2.860 \text{ \AA}^{-1}$ 의 위치에서는 험프(hump)가 관찰되었다. 이러한 회절피크들은 면심사방정 (fct) 구조를 갖는 FePt 규칙상의 (001), (110), (111) 회절피크로 확인되었다. 각각의 회절피크에서 록킹곡선을 측정한 결과, (001) 결정립들은 0.25°의 반가폭을 나타내고, (110) 결정립들은 0.42°의 반가폭을 나타냈으며, 이는 MgO(100) 기

판에 매우 잘 정렬되어 있음을 나타낸다. 이러한 결과에서 결정상인 FePt 규칙상은 에너지적으로 안정한 영역인 FePt 박막과 MgO(100) 기판 사이의 계면에 우선적으로 존재한다고 사료된다.

그림 1(a)에서 보듯이, FePt 자성박막의 두께가 500 Å 인 경우에는 400°C에서 열처리를 한 경우에 (001) 회절피크가 상대적으로 크게 성장하는 결과를 나타내었으며, 이는 (001) 결정립의 양이 증가하는 것을 나타낸다. 또한, 열처리 온도가 증가함에 따라 (001) 결정립의 크기는 증가하였으나 (110) 결정립의 크기는 오히려 감소하였다. 이러한 결과들은 FePt/MgO (100) 자성박막의 두께가 얇은 경우 (001) 결정립이 (110) 결정립보다 안정하다는 것을 나타낸다. 그러나 그림 1(b)에서 보듯이, FePt 자성박막의 두께가 816 Å로 두꺼워지면, 600°C에서 열처리를 한 경우에 (110) 회절피크가 (001)보다 아주 크게 성장하는 결과를 나타내었으며, 이는 (110) 결정립의 양이 급격히 증가하는 것을 나타낸다. 하지만 (001) 결정립들은 0.25°의 반가폭을 가지면서 기판에 잘 배향되어 있으나, (110) 결정립들은 박막의 두께가 500 Å인 경우 0.42° 반가폭이었으나, 박막의 두께가 816 Å인 경우 크게 증가한 1.60° 반가폭을 나타내었으며, 이는 MgO(100) 기판에 상대적으로 잘 정렬되어 있지 않음을 나타낸다. 또한 열처리 온도가 증가함에 따라 (001) 결정립의 크기는 증가하였으나, (110) 결정립의 크기는 열처리온도에 크게 의존하지 않는 경향을 나타내었다.

이러한 결과들은 FePt/MgO (100) 자성박막의 두께가 두꺼워지면, 기판근처의 영역에서는 (001) 결정립이 (110) 결정립보다 상대적으로 안정하지만, 기판과 멀어지는 영역에서는 (110) 결정립의 결정화가 우선하여 일어난다는 것을 나타낸다.

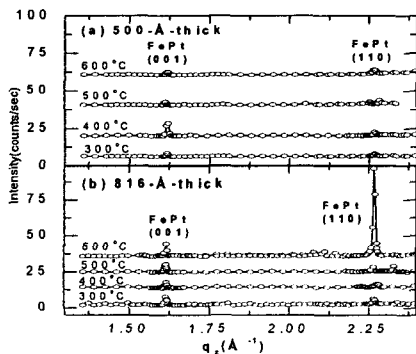


그림 1. FePt/MgO(100) 자성박막의 두께와 후열처리 온도에 따른 x-선회절곡선.

AFM으로 관찰된 300°C에서 증착된 FePt/MgO (100) 자성박막의 표면에서의 결정립들의 형상은 박막의 두께와 관계없이 작은 구형의 결정립들이 관찰되었다. 그러나 표면에서의 결정립들의 크기는 FePt 자성박막의 두께가 증

가함에 따라 작아지는 결과를 나타내었다. 600°C에서 후열처리한 FePt 자성박막의 표면형상은, 자성박막의 두께가 500 Å인 얇은 경우에는 결정립들의 형상과 크기가 큰 변화를 보이지 않았으나, 자성박막의 두께가 1196 Å인 두꺼운 경우에는 결정립들의 경계가 서로 구분이 안되고 크기가 작아지는 결과를 나타내었다. VSM으로 측정된 FePt/MgO(100) 자성박막의 자기특성은 기판에 수직한 방향과 기판에 평행한 방향에서 측정되었다. 785 Å 두께를 갖는 FePt 자성박막의 보자력은 기판 수직방향에서 1200 Oe이었으나 기판 평행방향에서 2250 Oe를 나타내었다. 이러한 결과는 FePt 자성박막의 두께가 증가함에 따라 기판 수직방향의 자기특성에 기여하는 (001) 결정립보다, 기판 평행방향으로 배열하는 (110) 결정립의 양이 증가하는 것에 기인하며, 이러한 자기특성 결과는 x-선회절 실험 결과와도 잘 일치한다.

#### 4. 결론

본 논문에서 FePt/MgO(100) 자성박막에서 후열처리 온도에 따른 결정화의 박막두께 의존성이 연구되어졌다. 자성박막의 두께가 500 Å로 얇은 경우, FePt 규칙상은 자화용이축이 기판에 수직한 (001) 결정립들이 보다 우선적으로 결정화되었다. 자성박막의 두께가 816 Å로 두꺼워지는 경우, 자화용이축이 기판에 평행한 구형의 (110) 결정립들이 기판근처의 (001) 결정립들 위에서 결정화되었다. 자성박막의 자기특성은 결정화의 두께의존성과 잘 일치하는 결과를 나타내었다. 우리는 FePt 자성박막에서 결정화의 두께의존성은 박막/기판 계면근처의 영역에서는 기판에 수직한 결정립들이 우선한다는 기판효과에 기인한다고 본다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2002-000-01186-0) 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

- [1] M. F. Toney, W. Y. Lee, J. A. Hedstrom, and A. Kellock, "Thickness and growth temperature dependence of structure and magnetism in FePt thin films", *J. Appl. Phys.*, Vol. 93, No. 12, p. 9902, 2003.
- [2] Y. K. Takahashi, M. Ohnuma, and K. Hono, "Ordering process of sputtered FePt films", *J. Appl. Phys.*, Vol. 93(10), p. 7580, 2003.