

# 자화용이축 성장 Permalloy 박막의 자장중 열처리 효과

박언병\*, 권순주<sup>1</sup>

포항산업과학연구원 부품신소재 신금속 연구실

<sup>1</sup>POSTECH 신소재 공학과 자성재료연구실

## 1. 서론

고투자율과 높은 각형비를 가진 Fe-Ni 합금인 Permalloy는 에너지 변환과 증폭, 저주파 및 고주파용 철심, 저주파 및 고주파 발생기, 자기 증폭기, 자기기억회로, 각종 센서 그리고 최근에는 MRAM 재료로서 각광을 받고 있다. Permalloy의 자기특성 중, 투자율과 각형비는 magnetic anisotropy에 의해 크게 영향을 받으며 자장중 열처리에 의해 magnetic anisotropy가 제어 가능성이 알려져 있다. 최근 MRAM에서 응용중인 MTJ에 자장중 열처리를 하면 free magnetic layer(FM)에서 고각형의 히스테리시스 곡선을 얻을 수 있음과 pinning layer(AFM)와 pinned layer(FM)간의 상호작용력이 증가하여 안정적 응답 신호를 얻을 수 있다는 보고 이후에 자장중 열처리의 관심이 높아지고 있다. 자장중 열처리의 효과는 자장중 열처리시 인가한 자장의 방향으로 원자쌍이 평행하게 배열되고 급냉에 의해 낮은 온도에 까지 그대로 유지되어 자장 방향이 자화용이 방향이 됨으로서 최대투자율과 고각형의 히스테리시스 곡선을 얻을 수 있다고 하는 Chikazumi와 Ferguson의 주장이 설득력을 얻고 있다. 이에 본 연구에서는 자화용이축인 <111> 방향으로 박막을 성장시키는 조건을 정립하고, 무자장 혹은 자장중 열처리 이후에도 <111> 방향으로 우선 성장이 지속되게 하는 조건을 도출함으로써 자장중 열처리에 의한 Induced Magnetic Anisotropy 효과를 살펴보고자 한다.

## 2. 실험방법

Permalloy의 박막은 DC magnetron sputter를 이용하여 증착하였으며, 초기 진공은  $1 \times 10^{-6}$  torr이며 bias 전압은 -50 V로 고정하였다. 사용한 기판은 7000 Å으로 산화시킨 [001] 방향의 열산화 Si 웨이퍼이며, 증착속도, Ar 압력, 박막의 두께, 기판 온도는 박막의 결정성 및 자기특성 평가를 통해 최적 조건을 선택하였다. (111)면의 우선 성장 및 열처리 후 성장성 유지를 위하여 기판의 표면을 plasma cleaning후 비정질의 SiO<sub>2</sub>가 불안정한 화학결합 상태가 유지된 상황에서 박막을 증착하였다. 자장중 열처리는 통전중 발열체로부터 자장이 발생하지 않도록 이중 turn을 한 SiC 발열체를 사용하여 승온시키고, 시편은 평판 quartz를 가공하여 자장 방향과 정확히 수직 또는 수평이 되도록 고정하고, 전자석으로 최대 5,000 G를 인가하여 처리하였다. 자장중 열처리시  $1 \times 10^{-6}$  Torr 진공하에서 분당 10 °C로 승온시킨 후, 300~600 °C에서, 최대 2시간 동안 열처리하였다. 결정학적 구조는 XRD와 TEM을 이용하여 평가하였으며 VSM과 AGM을 이용하여 자기특성을 평가하였다.

## 3. 실험결과

Plasma cleaning 후 산소의 역침전 없이 박막의 두께를 300, 600, 1000, 1500 Å로 증착후, 결정면의 강도와 Ni<sub>3</sub>Fe의 결정상을 고려하여 증착 두께는 1000 Å로 결정하였다. 증착 두께를 1000 Å 고정시킨 후, 증착된 시편을 300, 350, 550 °C 30분 동안 무자장과 자장중 하에서 열처리하여 측정된 XRD 결과를 살펴본 결과, 자장과 무자장 열처리의 구분없이 열처리 온도가 증가하면 Ni<sub>3</sub>Fe 상이 감소하고 550 °C 이상에서 열처리할 시에는 완전히 소멸되는 것으로 나타났다. 그리고 열처리 온도가 증가함에 따라 (200)면의 성장이 일부 관측되었으나 Fig. 1에 나타난 바와 같이 (111)면으로 우선 성장된 박막을 증착할 수 있었다. 자장중 열처리가 결정립 형성에 미치는 미시적 변화를 관찰하기 위하여 실시한 TEM으로 관찰한 결과, 2층 구조로 형성되어 있음을 확인하였고, SiO<sub>2</sub> 층과 접한 층의

성분을 분석한 결과 O<sub>2</sub>와 Ni 그리고 Fe가 혼재되어 존재하고 있으며, Ni과 Fe가 약 50:50으로 혼합되어 있음을 확인하였다. 무자장의 열처리의 경우 결정 성장성이 뚜렷하게 관측되지 않았으나, 자장중 열처리의 경우 자장을 가한 방향으로 결정성장이 일어나고 있음을 확인하였다. AGM을 이용하여 박막의 수직방향으로 자기적 특성을 평가한 결과, 그림.2 에 나타낸 바와 같이 투자율의 증가 및 각형비가 크게 개선되는 경향을 나타내었다.

#### 4. 고찰 및 결론

DC magnetron sputter를 이용하여 7000 Å으로 산화시킨 [001] 방향의 열산화 Si 웨이퍼 위에 permalloy를 (111) 면으로 우선 성장 시킬 수 있는 방법을 정립하였으며, 자장중 열처리를 통해 투자율 상승 및 각형비를 개선할 수 있음을 확인하였다.

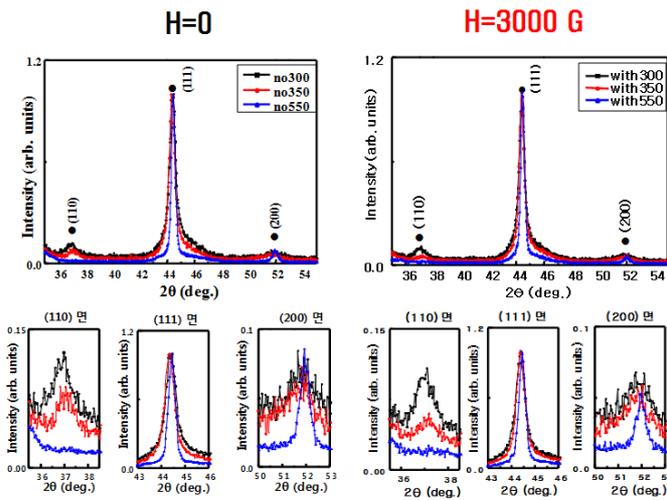


Fig. 1. 열처리 방법에 따른 결정성 변화.

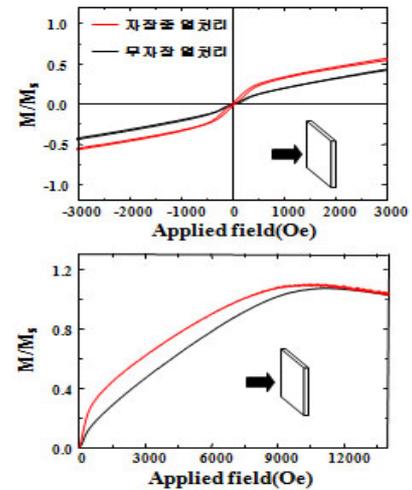


Fig. 2. 열처리 방법에 따른 자기특성 변화.

#### 5. 참고문헌

- [1] S. Chikazumi, T. Oomura, J. Phys. Soc. Japan **10** 842 (1955).
- [2] M. Takahashi, J. Appl. Phys. **33**, 1101 (1962).
- [3] T. Koikeda, S. Chikazumi, J. Phys. Soc. Japan **21** 399 (1966).