

교환 자기장에 미치는 표면 topology의 영향

한국과학기술원 배 지 영*
한국과학기술원 박 병 국
한국과학기술원 이 택 동

The effect of the surface topology on exchange field

KAIST J. Y. Bae
KAIST B. G. Park
KAIST T. D. Lee

1. 서론

많은 연구결과에 따르면 박막에서의 표면 roughness는 교환자기 이방성을 감소시키는 것으로 알려져 있다.^{1,2} 이러한 거동은 roughness가 증가함에 따라 강자성/반강자성 계면에 magnetic free pole이 형성되어 demagnetization field가 생성되는 것이 주원인이다. 그러나 어떤 임계값 이하에서는 roughness가 증가할수록 교환자기 이방성이 증가한다는 연구 결과가 보고되고 있다. 계면에 원자 단위의 roughness가 증가할 때 uncompensated 스핀 수를 증가시키고, 반강자성층과 같은 구조의 하지층을 쓰는 경우 하지층이 두꺼워 질수록 roughness는 증가하지만, 결정립 크기가 커져 교환자기 이방성을 증가시킨다는 연구결과도 보고되었다.³ 즉, 계면 roughness는 계면에서의 스핀 결합에 영향을 주어, 강자성 계면에서의 domain 형성이나 uncompensated 스핀 수를 변화시켜 교환 자기 이방성에 영향을 주게 된다.

본 연구에서는 강자성/반강자성 계면에서의 표면 topology가 교환자기장에 미치는 영향을 연구하였다. 계면의 topology 변화를 위하여 columnar 구조로 자라는 Al을 다층막의 바닥층으로 이용하였다.

2. 실험방법

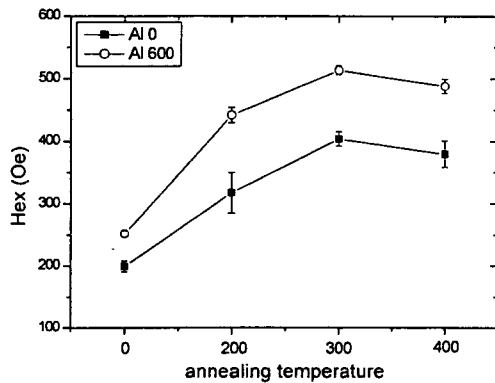
본 연구에 사용된 다층막은, Ta(50 Å)/NiFe(80 Å)/IrMn(200 Å)/CoFe(40 Å)/Ta(50 Å)과 Al(600 Å)/Ta(50 Å)/NiFe(80 Å)/IrMn(200 Å)/CoFe(40 Å)/Ta(50 Å)으로, 반강자성인 IrMn의 하지층으로는 가장 널리 쓰이는 NiFe를 이용하였다. 다층막은 DC magnetron sputtering으로 Si wafer위에 증착했으며, 증착 압력은 3mtorr로, 증착전 챔버 진공은 5×10^{-7} torr이하로 유지하였다. 일축 자기 이방성을 위해, 5000eV의 자장하에서 증착하였다. 또한 열처리시 Al 바닥층이 미치는 효과를 연구하기 위해 1000eV 자장하에서 50분동안 열처리하였다. 열처리 온도는 200°C, 300°C, 400°C로 변화시켰으며 챔버의 진공도는 5×10^{-6} torr 이하로 유지하였다.

다층막의 교환자기장(H_{ex})에 영향을 미치는 요인은 IrMn의 texture와 결정립 크기등의 micro-structure와 계면에서 orange peel coupling에 의한 demagnetic field이다. 이들 효과를 알아보기 위하여 XRD와 TEM, VSM을 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

다층막의 topology 변화를 위하여 Al의 두께를 300 Å~900 Å으로 변화시켜 증착한 결과, Al의 두께가

증가할수록 H_{cx} 가 증가하는 경향을 보였다. XRD 분석 결과 Al 하지층이 존재하면 IrMn의 fcc (111) 배향성이 향상되고, 이는 교환자기 이방성의 한 원인이다. 또한 하지층은 각 계면의 micro roughness는 크게 증가시키나 IrMn의 결정립 크기에는 영향을 미치지 않았다. 계면 roughness에 의한 orange peel coupling으로 demagnetization field가 형성되므로 H_{cx} 감소효과가 있지만, 전체 H_{cx} 는 증가하였다.



열처리 효과 연구를 위하여 200°C~400°C에서 열처리한 후 H_{cx} 를 측정한 결과 두 시편 모두 열처리 온도가 증가함에 따라 H_{cx} 가 증가하는 경향을 보였으나 400°C 열처리 후에는 H_{cx} 가 감소하였다. 열처리 온도 전 구간에 걸쳐 Al 하지층이 존재하는 경우의 H_{cx} 가 더 큰 값을 나타내었다(Fig. 1). IrMn의 texture를 XRD로 분석한 결과, Al 하지층이 존재할 때 열처리 전 온도 구간에 걸쳐 IrMn fcc (111) peak intensity와 sharpness가 증가하였다. 또한 400°C 열처리 후 IrMn peak intensity의 감소가 현저히 줄어들어 고온에까지 IrMn의 texture가 유지됨

을 알 수 있었다. 각 강자성층의 포화자화를 측정한 결과 두 시편 모두에서 열처리 온도가 증가함에 따라 각 자성층의 포화자화가 감소하는 결과를 얻었다. 포화자화의 감소로부터 Mn diffusion이 각 계면에서 일어나며 이것이 고온 열처리시 H_{cx} 감소의 원인임을 알 수 있었다. 전 온도 구간에 걸쳐 Al 하지층이 존재하는 시편의 Hex 증가는 Al 하지층이 IrMn의 (111) texture를 향상시키는 것이 원인으로 분석된다.

4. 결론

본 연구에서는 colomnar 구조로 성장하는 Al 하지층을 이용하여 다층막의 topology를 변화시켜 실험을 진행하였다. Al 하지층이 존재하면 계면 roughness가 증가하여 교환자기장이 감소할 것으로 예상하였으나 실험에서 사용된 film모두 Al 하지층이 존재할 때 교환자기장이 증가하였다. XRD분석 결과 Al 하지층을 사용하면 IrMn의 fcc (111) 배향성이 증가하지만 결정립 크기에는 영향을 미치지 않는다. 표면 roughness 증가에 따른 orange peel coupling의 영향으로 교환자기 이방성 감소효과가 있지만 어떤 다른 요인들에 의해 net- H_{cx} 는 증가한다. 아직 그 원인을 분명히 밝히지는 못했으며 앞으로 더 많은 연구가 필요하다고 판단된다.

5. 참고문헌

- ¹ J. C. Kools and W. Klua, J. Appl. Phys., 85(8), 4466(1999)
- ² J. Zhang and R. M. White, IEEE Trans. Magn., 32(5), 4630(1996)
- ³ Mahendra Pakala, Yiming Huai and Geoff Anderson, IEEE. Trans. Magn., 36(5), 2620(2000)