

## (Magnetic properties as nonmagnetic layer in exchange biased perpendicular magnetic spin valve on FeMn)

Dankook Univ. Jin-Hee An\*, Ho-Wan Joo, Mi-Sun Lee, Jin-Hyup Choi and Ky-Am Lee  
 Sangji Univ. Sun-Wook Kim, Sang-Suk Lee and Do-Geun Hwang

## 1. 서론

최근에 NiO, CoO 그리고 FeMn과 같은 반강자성체 위에 [Pd/Co]나 [Pt/Co] 다층박막을 인가자장 없이 제작하여 막 평면에 대해 수직인 자기이방성을 갖는 교환바이어스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 수직자기 교환바이어스를 갖는 박막은 자기 박막 센서나 초고밀도 자기 기록 매체에 많은 응용성을 가지고 있다. 그 중 수직자기이방성을 이용한 스핀 밸브는 MRAM, read head 또는 자기 센서로 매우 유용할 것으로 전망된다. 수직자기이방성을 이용한 스핀 밸브에 대한 연구로는 F. Garcia가 FeMn에 고정된 [Co/Pt]다층박막과 [Co/Pt] 자유다층박막 사이에 Cu를 Nonmagnetic layer로 사용하여 1%의 GMR 값을 얻은바 있다.[1,2] 본 연구에서는 [Co/Pd] 자유다층박막과 FeMn에 의해 고정된 [Co/Pd] 다층박막 사이에 비자성층(nonmagnetic layer) 물질로 Cu, Pd, 그리고 Ru를 각각 사용하여 수직자기이방성 스핀밸브의 자기적 특성을 조사하였다.

## 2. 실험방법

FeMn을 이용한 [Pd/Co] 다층박막은 3인치 6-gun type DC 마그네트론 스퍼터링 시스템을 사용하여  $2.25 \text{ mm}^2$  크기의 코닝 1737 글래스 기판 위에 Ta/[Pd/Co]<sub>4</sub>/Nonmagnetic layer/Co/[Pd/Co]<sub>4</sub>/FeMn/Ta 구조로 제작하였다. 기판 위에 불순물을 제거하기 위하여 아세톤, 에탄올, 증류수를 사용하여 초음파 세척기로 세척하였다. 각 층의 증착비율은 Ta 1Å/s, Pd 1.3Å/s, Co 1.6Å/s, Cu 4Å/s, Ru 0.8 Å/s 그리고 FeMn 1.3Å/s로 증착하였다. 이때 초기진공도는  $4.0 \times 10^{-7}$  Torr 이하를 유지하였으며, 작업 진공도는 Ar 유입량을 MFC(Mass Flow Controller)로 제어하여 1.5 mTorr에서 유지하여 증착하였다. 그리고 시편의 형태를 유지하기 위하여 제작된 마스크를 사용하여 일정 형태를 유지하였다. 이렇게 제작된 시편의 수직자기이방성에 의한 교환바이어스를 측정하기 위하여 4-탐침법 자기저항 측정 장비를 이용하여 자기저항비를 측정하였고, 그리고 실온에서 Hall effect를 측정하였다. 이 결과를 이용하여 각층의 보자력( $H_c$ )과 교환바이어스( $H_{ex}$ )를 분석하였다. 또한 결정성장을 분석하기 위하여 XRD 측정장비를 사용하여 분석하였으며, 제작된 시료의 수직이방성에 의한 자구의 특성을 분석하고자 DI사의 Dimension 3100 IV-a를 이용하여 시편의 표면과 자구를 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

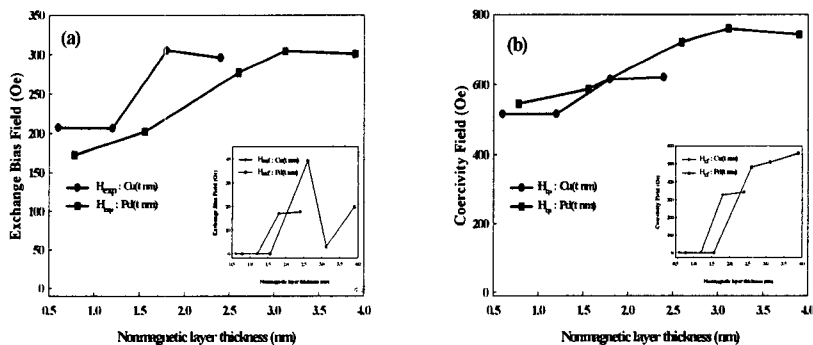


Fig. 1 (a) Exchange bias( $H_{ex}$ ) as function of nonmagnetic layer(Cu, Pd) and (b) Coercivity( $H_c$ ) as function of nonmagnetic layer(Cu, Pd) in Ta(1.9 nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.48 nm)]<sub>4</sub>/nonmagnetic layer(t nm)/Co(0.48 nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.48 nm)]<sub>4</sub>/FeMn(15 nm)/Ta(1.9 nm) multilayers.

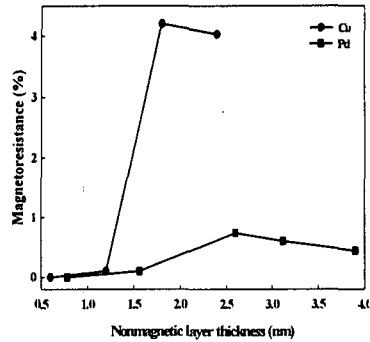


Fig. 2 Magnetoresistance ratio(%) as thickness of nonmagnetic layer(Cu, Pd) in Ta(1.9 nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.48 nm)]<sub>4</sub>/nonmagnetic layer(t nm)/Co(0.48 nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.48 nm)]<sub>4</sub>/FeMn(15 nm)/Ta(1.9 nm)

그림 1(a)는 비자성층 Cu와 Pd에 따라 각각의 두께에 따른 교환바이어스( $H_{ex}$ )를 자유층과 고정층으로 나누어 나타낸 것이다. Cu의 고정층 경우 두께가 0.6 nm에서 1.8 nm로 증가하였을 때 207 Oe에서 305 Oe로 증가하였고, 자유층에 경우 17 Oe로 증가하였다. Cu 층의 두께가 1.8 nm 이하에서는 두께가 너무 얇아 고정층과 자유층이 서로 분리되지 못하고 하나의 고정층으로 작용한 것으로 사료된다. 또한 비자성층이 Pd인 경우 두께가 0.78 nm에서 3.12 nm로 증가하였을 때, 고정층의  $H_{ex}$ 는 172 Oe에서 304 Oe로 증가하였다. Pd 층의 두께가 2.6 nm 이하에서는  $H_{ex}$ 는 나타나지 않았다. 이것은 Cu의 경우와 같은 현상으로 사료된다. 그림 1(b)는 비자성층 Cu와 Pd의 두께에 따른 보자력( $H_c$ )을 나타냈다.  $H_c$ 는 두께가 증가함에 따라  $H_{ex}$ 와 같은 경향을 나타냈다. 비자성층이 Cu인 경우, 고정층의 두께가 2.4 nm까지 621 Oe로 증가하였고, Pd의 경우 두께가 3.12 nm일 때 760 Oe로 가장 높게 나타났다. 이 결과에서 Co가 수직자기이방성의 특성을 잘 나타낼 수 있게 Pd가 도와주는 것으로 사료된다. 그림 2는 Cu와 Pd의 두께에 따른 자기저항비를 나타낸 것이다. Pd를 사용한 경우 2.6 nm에서 0.74 %까지 증가 후 감소하였다. Cu에 경우 두께 1.8 nm에서 4.2 %로 높은 자기저항비를 나타냈다. 결과적으로 비자성층 Pd는 Co의 수직자기이방성 특성을 잘 나타내게 도와 보자력을 증가시키지만 이러한 이유로 자기저항비를 감소시키는 요인으로 작용하는 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

Ta/[Pd/Co]<sub>4</sub>/nonmagnetic layer/Co/[Pd/Co]<sub>4</sub>/FeMn/Ta 구조의 다층박막을 DC 마그네트론 스퍼터링 시스템을 이용하여 수직자기이방성에 의한 자기적 특성을 조사하였다. Cu와 Pd의 두께가 증가함에 따라 교환결합력( $H_{ex}$ )과 보자력( $H_c$ )이 커진 후 거의 일정하게 유지되었다. 비자성층으로 Cu를 사용하였을 때보다 Pd를 사용하였을 때  $H_c$ 가 크게 나타났다. 그리고 이로 인하여 자기저항비는 증가를 방해하는 요인으로 작용한 것으로 사료된다. 결과적으로 Pd 층은 Co 층이 수직자기이방성의 특성을 잘 나타나게 도와주는 주지만 자기저항비를 향상시키는데는 도움이 되지 않는 것으로 판단되며, 이러한 결과로 자기저항비는 비자성층의 두께 변화와 다층박막의 고정층과 자유층의 반복 횟수 그리고 Pd 층의 두께를 조절함으로써 증가할 수 있다 판단된다.

#### 5. 참고문헌

- [1] F. Garcia, et al, J. Appl. Phys. **93**, 8397 (2003)
- [2] S. M. Zhou, L. Sun, P. C. Searson, and C. L. Chien, Phys. Rev., B **69**, 024408(2004)