

## [Pd/Co]<sub>N</sub>/Cu/[Pd/Co]<sub>N</sub>/FeMn 스핀 밸브에서 자기저항 증대

### (Large enhancements of magnetoresistance [Pd/Co]<sub>N</sub>/Cu/[Pd/Co]<sub>N</sub>/FeMn spin valve film)

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] 다층박막의 두께 변화와 비자성층 Cu의 인접하는 강자성 Co, CoFe 물질의 두께 변화에 따른 자기 저항 변화를 조사하였다.

#### 2. 실험방법

FeMn을 이용한 [Pd/Co] 다층박막은 3인치 6-gun type DC 마그네트론 스퍼터링 시스템을 사용하여 2.25 mm<sup>2</sup> 크기의 코닝 1737 글래스 기판 위에 Ta/[Pd/Co]<sub>N</sub>/Pd/Co, CoFe/Cu/Co, CoFe/[Pd/Co]<sub>N</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, CoFe 1.75Å/s 그리고 FeMn 1.3Å/s로 증착하였다. 이때 초기진공도는 4.0 × 10<sup>-7</sup>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<sub>c</sub>)과 교환바이어스(H<sub>ex</sub>)를 분석하였다. 또한 결정성장을 분석하기 위하여 XRD 측정장비를 사용하여 분석하였으며, 제작된 시료의 수직이방성에 의한 자구의 특성을 분석하고자 DI사의 Dimmension 3100 IV-a를 이용하여 시편의 표면과 자구를 측정하였다.

#### 3. 실험결과 및 고찰

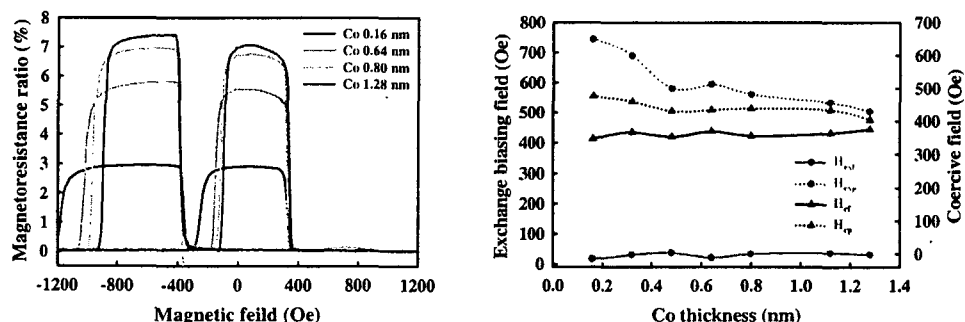


Fig. 1 (a) Magnetoresistance ratio as thickness of Co and (b) Exchange bias (H<sub>ex</sub>), Coercivity (H<sub>c</sub>) as thickness of Co in Ta(1.9 nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.48 nm)]<sub>4</sub>/Cu(1.8 nm)/Co(8 nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.48 nm)]<sub>4</sub>/FeMn(15 nm)/Ta(1.9 nm) multilayers.

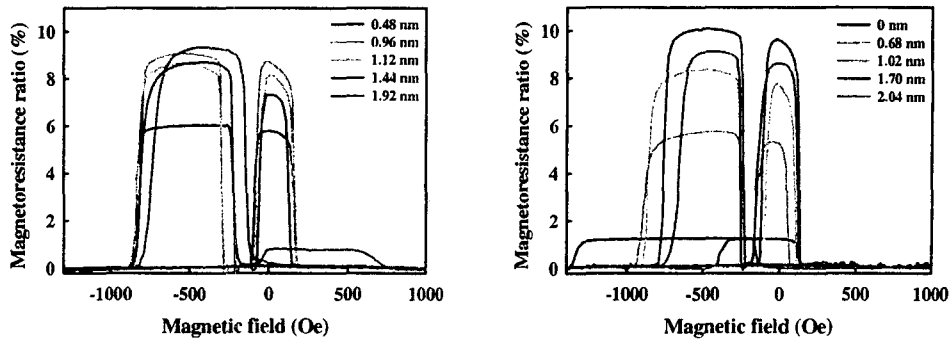


Fig. 2 (a) Magnetoresistance ratio(%) as thickness of Co in Ta(1.9 nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.32 nm)]<sub>2</sub>/Pd(0.8 nm)/Co(t nm)/Cu(1.8 nm)/Co(1.44 nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.48 nm)]<sub>2</sub>/FeMn(15 nm)/Ta(1.9 nm) (b) Magnetoresistance ratio(%) as thickness of CoFe in Ta(1.9 nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.32 nm)]<sub>2</sub>/Pd(0.8 nm)/CoFe(1.4 nm)/Cu(1.8 nm)/CoFe(t nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.48 nm)]<sub>2</sub>/FeMn(15 nm)/Ta(1.9 nm)

그림 1(a)는 고정층에서 비자성층 Cu와 접하게 되는 Co의 두께에 따른 자기저항비를 나타낸 것이다. 고정층에서 Cu와 접하게 되는 Co의 두께가 1.28 nm에서 자기 저항비는 7.4%로 가장 높게 나타났다. 그림 1(b)는 Co의 두께에 따른 고정층과 자유층 각각의  $H_{cx}$ 와  $H_c$ 를 나타낸 것이다. Co의 두께가 0.5 nm 이상에서 고정층과 자유층의  $H_{cx}$ 와  $H_c$ 는 큰 변화없이 유지되는 것을 볼 수 있다. 그림 2(a)는 고정층의 Co를 고정하고 자유층에서 비자성층 Cu와 접하게 되는 Co의 두께에 따른 자기저항비를 나타낸 것이다. Co의 두께가 1.44 nm 일때 9%로 가장 높게 나타났다. 그림 2(b)는 자유층에서 비자성층 Cu와 접하게 되는 CoFe의 두께에 따른 자기저항비를 나타낸 것이다. CoFe의 두께가 1.7 nm 일때 자기저항비는 10%로 가장 높게 나타났다.

#### 4. 결 론

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 인접한 Co, CoFe의 두께가 증가함에 따라 교환결합력( $H_{ex}$ )과 보자력( $H_c$ )은 일정하게 유지되었다. 자기저항비는 Co와 CoFe의 두께를 적절히 조절함으로써 향상 시킬 수 있었다. 이러한 결과로 자기저항비는 비자성층에 인접한 강자성층과 연강자성층의 두께 변화로 증가할 수 있다고 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)