

## Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 에피박막을 고정층으로 사용한 스핀밸브에서 교환결합의 방향 의존적 특성

도중회<sup>1\*</sup>, M. G. Blamire<sup>2</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 물리학과

<sup>2</sup>Dept. of materials science and metallurgy, Univ. of Cambridge

### 1. 서론

강자성체와 반강자성체 사이의 교환결합에 따른 교환바이어스는 자기 정보저장 소자의 작동을 위해 필수적인 물리적 특성이다. 지금까지 NiO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등 몇 가지 산화물 반강자성체들이 스핀밸브 소자의 거대자기저항 효과를 조절하기 위한 스핀밸브의 고정층으로 사용되어 왔다. 지난 수 십 년간 많은 연구에도 불구하고 대부분의 연구가 다결정성 박막시스템을 대상으로 하였기 때문에 교환결합 시스템에 대한 체계적인 이해는 여전히 부족한 편이다. 본 연구는 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 에피택시 박막이 스핀밸브의 고정층으로 사용되었을 때 경계면 스핀구조에 따라 강자성층과 반강자성층 사이의 교환결합이 갖는 방향 의존성과 결과적으로 스핀밸브에서 나타나는 거대자기저항의 방향 의존성에 대한 연구이다.

### 2. 실험방법

C-plane, R-plane, A-plane 등 다양한 결정방향의 사파이어 기판위에 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 에피택시 박막으로 만들고 NiFe를 증착하여 평면 내에서 직교하는 두 방향에 대해 자기이력곡선을 측정하여 교환바이어스와 보자력의 방향 의존성을 연구하였다. 그리고 NiFe(5 nm)/Cu(5 nm)/NiFe(5 nm)/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(50 nm) 스핀밸브를 제작하여 거대자기저항 효과의 방향의존성에 대해 연구하였다.

### 3. 실험결과

반강자성체의 스핀이 평면에 수직하게 정렬한 (0001) Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 경우 평면내 모든 방향을 따라 교환 바이어스를 보였으며, 평면에 대해 기울어진 반강자성 스핀정렬을 갖는 (1102) Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 스핀정렬에 평행한 방향으로 측정할 때만 교환바이어스를 보였으며, (1120), (1010) Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>은 교환바이어스를 유발하지 않고 스핀플립 결합에 기인한 보자력의 증가만을 유발하였다. 이는 보자력의 증가를 유발하는 단축 자기이방성과 교환 바이어스는 근본적으로 다른 형태의 교환결합 원인에 기인한 것이며, 실현 가능한 여러 가지 결정 방향들 중의 일부 방향만이 큰 교환바이어스를 유발할 수 있음을 의미한다. 이러한 결과는 다결정성 또는 경계면이 거친 교환결합 시스템의 경우 관측될 수 없으며 전체적으로 평균적인 현상만 보이게 됨을 의미한다. 결과적으로, (1102) Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 고정층으로 사용한 스핀밸브의 거대자기저항 효과는 결정방향과 평면 내에서 측정방향에 따라 뚜렷한 차이를 보였다. 자기장을 [111] 방향으로 걸었을 최대 자기저항 효과는 약 4% 정도였으며 스핀밸브 소자로서 전형적인 가능성을 보였으나, 자기장을 [111] 방향에 수직으로 걸었을 때는 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 고정층으로 역할을 하지 않고 보자력이 다른 강자성층만으로 이루어진 보통의 거대자기저항 소자처럼 대칭적인 자기저항 곡선 형태를 보였다. 한편, (1010) Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>이 고정층으로 사용된 스핀밸브는 평면내의 모든 방향에 대해서 1.8~3.5 % 자기저항 효과가 방향 의존성을 보였으며 교환바이어스 같은 스핀밸브 특성은 전혀 관측되지 않았다.

### 4. 참고문헌

- [1] J. Nogués, et al., *J. Magn. Magn. Mater.* **192**, 203 (1999).
- [2] Joonghoe Dho, E. O. Chi, and M. G. Blamire, *Phys. Rev. B* **72**, 224421 (2005).