

## 좁은 자벽의 생성에 관한 연구 (Formation of a narrow domain wall)

인하대학교 물리학과  
유천열\*

### 1. 서 론

강자성체에서 서로 다른 자화 방향을 가지는 자구의 경계면에 생성되는 자벽은 강자성체의 자기 이방성 에너지, 교환상호작용 에너지, 그리고 정자기적 에너지를 최소화 하는 조건으로 생성된다. 이때 정자기적 에너지를 무시할 경우 자벽의 두께는  $\delta_w = \pi\sqrt{A/K_u}$  으로 결정되는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 자벽의 두께를 인위적으로 조절할 수 있는 국소적 층간 상호결합작용을 이용한 구조에 대해서 보고하고자 한다.

### 2. 국소적 층간 상호결합작용 구조

국소적 층간 상호결합 작용 구조란 그림 1에서 보이는 바와 같이 박막의 일부 부분은 잘 알려진 강한 층간 상호 결합작용[1]을 가진 삼층막 구조를 지나고 있고 다른 부분은 단층막 구조를 가져서 박막의 일부 국소적인 구간만이 층간 상호결합작용을 가지는 구조를 의미한다. 이때 삼층막 구조에서의 층간 상호결합작용은 반강자성 결합을 가지도록 사이 층의 두께를 정하여 두 강자성체 층의 자화 방향이 반대 방향을 가지도록 하고, 두 강자성체 중에서 위층의 두께를 아래층에 비해서 두껍도록 하여

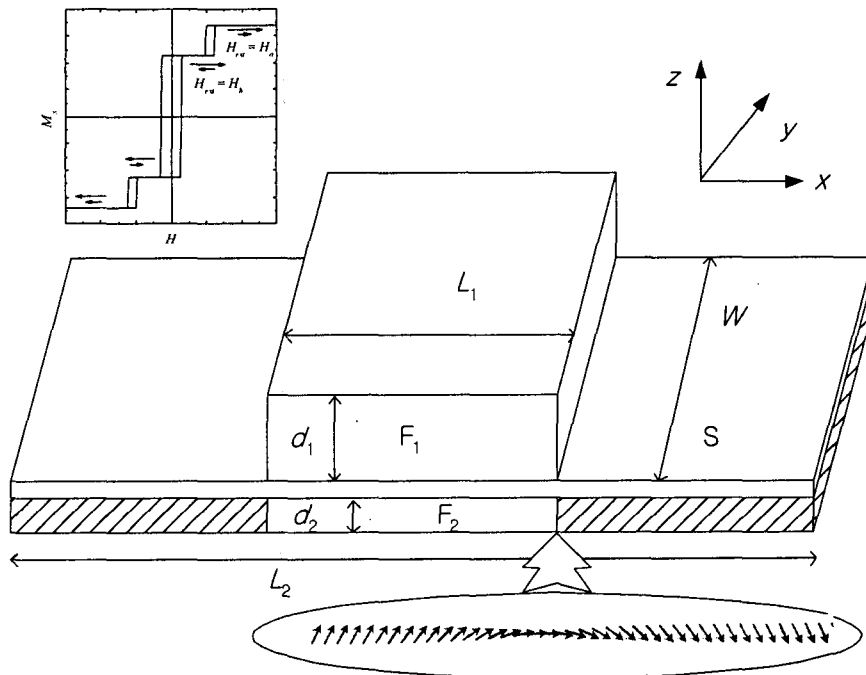


그림 1. 국소적 상호결합작용 구조와 synthetic ferrimagnet 인 삼층막 구조 부분의 전형적인 자화 곡선

synthetic ferrimagnet 구조를 가지도록 한다. 이때 편의상 삼층막 구조를 가진 부분을 구역 A, 단층막 구조인 부분을 구역 B라 하자. 층간 교환상호결합 작용 에너지를 극복할 정도로 충분히 강한 외부 자기장이 +y 방향으로 인가된 경우 이 구조의 모든 부분의 자화 방향은 +y 방향을 향해서 정렬된다. 외부 자기장의 크기를 점차로 줄여 층간 교환상호결합작용 에너지가 Zeeman 에너지를 극복할 수 있는 크기가 되면 구역 A의 아래층은 강한 반강자성 결합에 의해서 자화방향이 -y 방향을 가지게 된다. 하지만 구역 B의 경우는 여전히 외부 자기장에 의해서 +y 방향의 자화방향을 가지므로 결국 구역 A 와 B 의 경계면 부근에서는 자벽이 생성되게 된다.

### 3. Micromagnetics Simulations

본 연구에서는 위와 같은 국소적 층간 상호결합작용을 가지는 구조에서의 자벽에 대해 연구하기 위해 3차원 micromagnetics를 이용한 전산모사를 행하였다[2]. 다음 그림 2 에는 그 결과를 도식 하였는데, 예상한바와 같이 적절한 외부 자기장하에서는 자화 방향의 분포가 구역 A와 B 사이의 경계면에서 급격히 변하는 자벽이 형성됨을 확인 하였다. 이때 자화 방향의 변화는 굵은 실선으로 도식한 일반적인 Neel 자벽의 변화에 비해서 현저히 급격함을 볼 수 있다. 특히 Neel 자벽의 경우 양쪽 방향으로 완만한 변화를 보이는데 비해서, 본 구조에서의 자화 방향의 변화는 구역 B의 경우는 외부 자기장에 의해서, 구역 B의 경우는 층간 상호결합작용에 의해서 서로 반대 방향으로 강하게 정렬되어 있으므로 결국 자벽의 두께가 좁아지게 된다. 자벽의 두께는  $\delta_w = \int_{-\infty}^{\infty} \cos(\theta - \pi/2) d\theta$  로 정의하면[3],

그림 2에서처럼 Neel 자벽의 경우에 비해서 약 1/2로 줄어드는 것을 확인 할 수 있다.

### 4. 참고문헌

- [1] M. D. Stiles, J. Magn. Magn. Mater. **200**, 322 (1999).
- [2] <http://math.nist.gov/oommf>
- [3] A. Huber and R. Schafer, "Magnetic Domains", Springer, Berlin, p. 219 (2000).

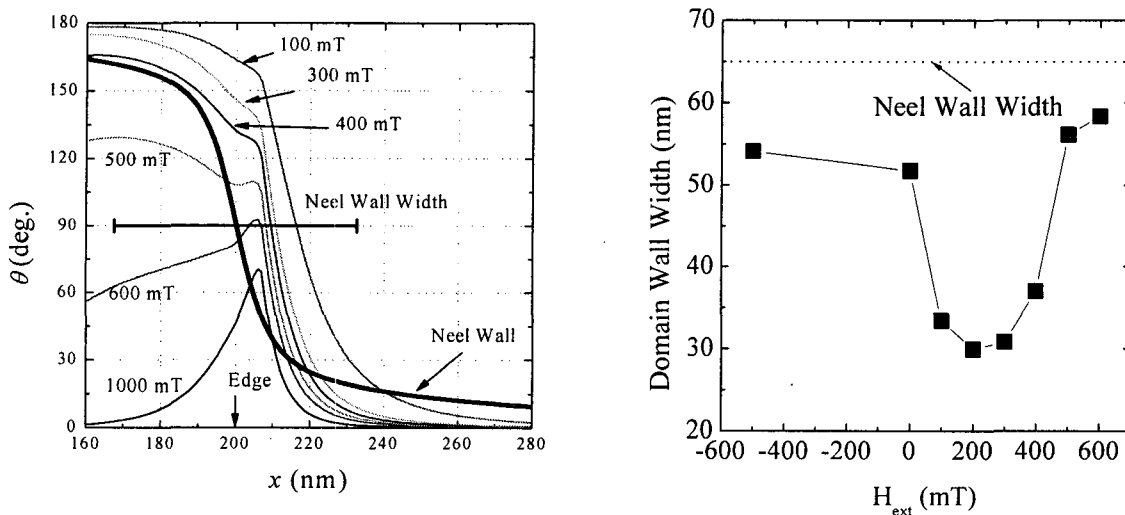


그림 2. 위치에 따른 자화방향의 분포와 외부 자기장에 따른 자벽 두께의 변화