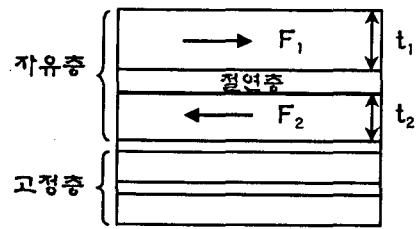


반강자성 결합을 하는 두 자성막의 Spin Flop 현상을 이용한 자화반전에 관한 연구

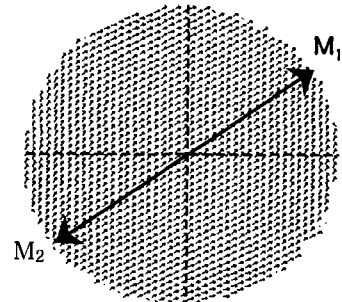
김 경숙, 임 상호*, 한국과학기술연구원

자기메모리 소자의 개발에 있어서 가장 중요한 요소는 고 밀도를 이루는 것인데, 이것은 주로 소자의 크기를 줄이는 것으로 이루어진다. 밀도의 증가를 위해 소자의 크기가 작아지면서 자화반전과 관련된 문제가 무엇보다 심각해지고 있다. 즉 자화반전에 필요한 자기장의 크기가 증가하고, 열에너지의 효과로 인해 기록된 정보의 상태가 불안정하게 되었다 [1]. 이러한 문제를 해결하기 위해 여러 방법들이 제안되고 있는데, 그 중의 하나가 synthetic antiferromagnetic layer (SyAF)를 자기메모리 소자에 이용하는 것이다 [2].

SyAF는 얇은 절연막 사이로 두 강자성막이 반강자성 결합을 하고 있는 것으로, 이것을 메모리 소자의 자유층으로 사용함으로써, 전체 소자의 부피가 증가하게 되어 열에너지에 대한 안정성을 증가시킬 수 있고, 자기메모리 소자의 자화반전에서 문제가 되고 있는 bias field의 크기를 감소시킬 수도 있다. 또한 원형의 SyAF층을 사용하여 자화반전이 자성막의 모양에 민감하게 의존하는 현상을 억제할 수 있다. SyAF층을 이용한 메모리 소자의 자화반전은 spin flop 현상을 이용하는데, direct write mode와 toggle mode의 두 가지 방법이 있다 [2]. 두 방법 모두 자화반전에 spin flop 현상을 이용하지만, direct write mode의 경우는 자화의 방향과 반대 방향으로 자기장이 가해진 경우에만 자화반전이 이루어지고, toggle mode의 경우는 자화의 방향과 상관없이 항상 자화반전이 이루어진다는 차이점이 있다. 또한 자화반전에 필요한 자기장의 크기가 toggle mode보다 direct write mode의 경우 더 작다. 본 연구에서는 spin flop 현상을 이용한 자화반전, 즉 direct write mode와 toggle mode에 영향을 주는 요인들과 반전자기장의 세기를 줄일 수 있는 방법들에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 알아보았다.



(a)



(b)

그림1은 SyAF층으로 구성된 메모리소자의 개략도로서, 그림1 (a)는 측면을, 그림1 (b)는 윗면을 보여주고 있다. 자유층은 절연층 사이에서 반강자성 결합을 하고 있는 두 강자성막(F_1 , F_2)으로 구성되어 있는데, 이때 두 자성막의 자화 값(M_1 , M_2)에 차이를 주기 위해 두 자성막의 두께를 서로 다르게 하였다 ($t_1 > t_2$). 절연층의 크기는 7 Å으로 고정시켰다. 시뮬레이션에 사용된 자성막은 육각기둥 모양의 입자들로 구성 되었으며, 입자 하나의 크기는 100 nm로, 이것은 입자와 입자 사이

그림 1. SyAF층을 이용한 메모리 소자의 측면(a)과 윗면(b)의 개략도

의 중심 거리에 해당한다. 시뮬레이션은 입자 수가 40×40 인 매체에서 이루어졌는데, 기록매체의 크기는 $0.4 \mu\text{m} \times 0.4 \mu\text{m}$ 에 해당한다. 자성막의 포화자화 값은 1200 emu/cc , 결정자기이방성 상수는 1000 erg/cc , exchange constant는 $1.0 \times 10^{-6} \text{ erg/cm}$ 이다.

그림2는 두 강자성막 사이의 반강자성 교환에너지와 두께의 차이에 따른 반전 자기장의 크기를 살펴 본 것이다. 두 자성막 사이의 교환에너지의 크기는 $J = -0.05, -0.1, -0.3 \text{ erg/cm}^2$ 의 세 경우에 대해 살펴 보았다. 두 자성막의 두께의 합은 50 \AA 으로 고정시키고 ($t_1 + t_2 = 50 \text{ \AA}$), 두께의 차이 ($t_1 - t_2$)를 2, 4, 6, 8, 10 \AA 으로 바꾸어 가며 반전 자기장의 변화를 살펴보았다. 그림에서 보는 바와 같이 direct write mode (그림1 (a))의 경우 toggle mode (그림1 (b))에 비해 상대적으로 매우 낮은 자기장의 세기에서 자화반전이 이루어지고, 두 경우 모두 교환에너지가 증가함에 따라 반전 자기장의 크기가 증가한다. Direct write mode 경우 두 자성막의 두께 차이가 증가함에 따라 반전 자기장의 크기가 감소하는데, 특히 교환에너지의 크기가 클수록 반전 자기장이 더 많이 감소한다. 한편, toggle mode의 경우에는 두 자성막의 두께 차이가 클수록 반전 자기장의 크기가 증가한다. 그러므로 상대적으로 낮은 자기장의 세기에서 자화반전이 이루어지는 direct write mode가 메모리 소자의 자화반전에 적합하며, 두 자성막 사이의 교환에너지와 두께의 차이를 적절히 조절하여 반전 자기장의 크기를 더욱 줄일 수 있음을 알 수 있다.

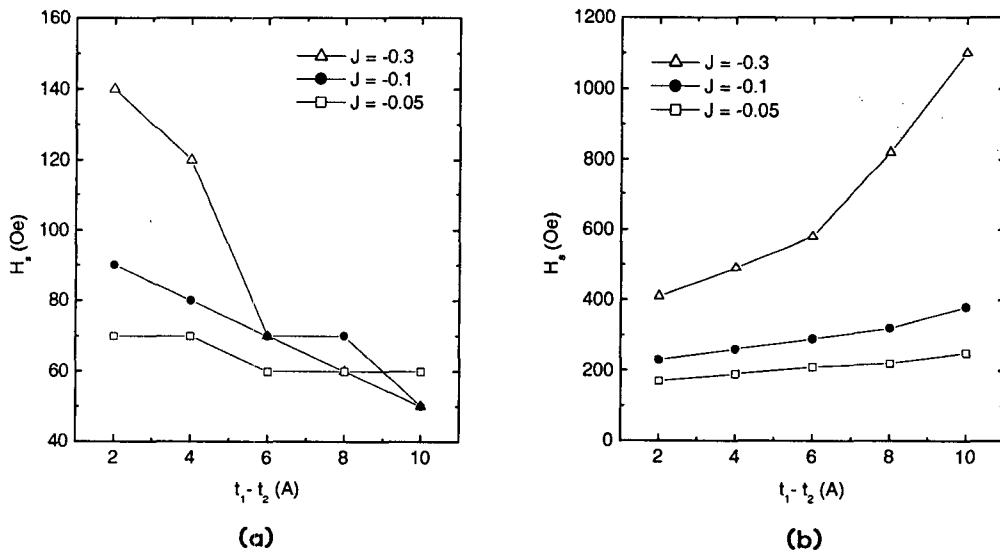


그림 2 두 강자성막 사이의 교환에너지와 두께의 차이에 따른 반전 자기장의 크기의 변화를 direct write mode (a)와 toggle mode (b)에 대해 각각 살펴 보았다.

Reference

- [1] E. Girgis, J. Schelten, J. Si, J. Janesky, S. Terani, and H. Goronkin, Appl. Phys. Lett. 76, 3780(2000).
- [2] Lenoid Savtchenko, Bradely N. Engel, Nicholas D. Rizzo, Mark F. Deherrera, Jason Allen Janesky, Motorola, US Patent 6,545,906 B1(2003).