

## 자기 메모리 소자에서 워드선/비트선의 모양과 키퍼층이 자화 반전 자기장에 미치는 영향

김 경숙, 이 철의, 고려대학교 물리학과  
임 상호, 한국과학기술연구원

자기 메모리 소자에서 정보는 자성 다층막에서 자화의 방향에 의해 결정된다. 자성 다층막은 통상 3개의 핵심층으로 구성되어 있는데, 2개의 자성막(자유층과 고정층) 사이에 절연막이 위치한다. 정보의 쓰기 및 읽기는 자유층의 자화반전에 의해 이루어진다. 자유층의 자화 반전은 워드선과 비트선에 흘려주는 전류에 의해 형성된 자기장에 의해 이루어진다. 여기서 워드선과 비트선은 두 자성막의 위, 아래에 수직으로 교차하며, 통상 비저항이 작은 구리나 알루미늄-구리 합금으로 이루어진다.

자기 메모리를 포함한 메모리 소자에서 가장 중요한 인자중의 하나는 밀도이다. 자기 메모리 소자에서 고밀도화를 달성하기 위해서는 정보를 저장하는 자성 다층막의 크기를 줄이는 것이 필요하다. 한편, 자성막의 크기가 작아지면, 자성막의 정자기 상호작용이 매우 커지게 된다[1]. 즉, 자유층의 자화를 반전시키는데 매우 큰 자기장이 필요하게 되며, 따라서 소자를 작동시키기 위해 워드선과 비트선에 많은 전류를 흘려주어야 한다. 그러나 워드선과 비트선에 지나치게 많은 전류를 흘려주게 되면 많은 전력이 소비 되는 것은 물론, 발열로 인해 소자의 성능에 문제를 야기할 수 있으며, 전류 밀도 또한 높아지게 되어 일렉트로마이그레이션(electromigration) 의해 배선이 손상될 가능성이 높아지게 된다[2].

본 연구에서는 워드선과 비트선의 중횡비를 바꾸어가며 발생하는 자기장의 세기와 분포를 비교해 보았다. 또한 워드선과 비트선의 세 면에 자기장 키퍼(keeper)층을 에워싸우면서 자화반전에 필요한 자기장을 증가시켰다. 여기서 키퍼층의 삽입은 일반적으로 사용되는 방법으로 구리도선을 강자성 물질로 감싸 자기장을 증가시키는 방법이다. 일반적으로 키퍼층으로는 NiFe, NiFeCo 및 CoFe 재료를 사용되어져 왔다[3]. 그러나 이러한 재료를 절연막과 워드선/비트선에 곧바로 위치시키면 키퍼층 재료가 절연막으로 확산되어 들어가거나 키퍼층과 구리 사이에 반응이 일어나 소자의 성능과 신뢰에 큰 문제를 일으킬 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 종래의 기술에서는 키퍼층 전후에 장벽층을 삽입하였다. 장벽층으로는 주로 Ta, TiW, TiN 또는 TaN 등이 사용되어왔다. 이러한 장벽층의 삽입은 추가적인 공정을 필요로 할 뿐 아니라 전류가 흐르는 구리의 단면적을 감소시켜 전류밀도를 증가시키게 된다. 따라서 본 연구에서는 키퍼층으로 주로 Co로 구성된 자성물질을 이용하였다. 주성분이 Co인 자성물질은 연자성 특성이 비교적 우수하여 자기장 키퍼 역할을 함과 동시에 장벽층으로도 우수한 특성을 가지고 있어 추가적인 장벽층의 삽입이 필요하지 않다.

그림1은 키퍼층을 사용하지 않은 워드선과 키퍼층을 사용한 워드선에 같은 전류밀도( $10 \text{ mA}/\mu\text{m}^2$ )의 전류가 흐를 때 발생하는 자기장의 분포를 보여준다. 자기장의 세기는 키퍼층을 사용한 경우 약 70 Oe로 키퍼층이 없는 경우의 28 Oe보다 약 2.5배 가량 증가 하였다. 그러므로 키퍼층을 사용하여 작은 전류밀도에서 같은 세기의 자기장을 얻을 수 있다. 또한 키퍼층이 있는 경우, 키퍼층에 의해 자기장이 흡수되어 자기장이 좁은 영역에 분포한다. 고밀도로 갈수록 워드선 및 비트선 사이가 좁아지게 되고 그로 인해 한 워드선/비트선에서 나오는 자기장이 옆에있는 소자의 작동에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 현상을 cross talk이라 하는데, 키퍼층을 사용하는 경우는 자기장이 좁은 영역에 분포하므로 이 문제를 어느 정도 해결 할 수 있을 것으로 생각된다. 그림에서 점선은 워드선/비트선 폭을 나타내는데, 그 크기는  $1.0 \mu\text{m}$ 이다.

그림2는 워드선/비트선을 키퍼층으로 감싼 후, 종횡비를 바꾸며 자기장의 분포를 관측한 결과이다. 종횡비에 따라서도 자기장의 세기 및 분포에 많은 변화가 나타나는데, 특히 종횡비가 1.0 보다 작은 경우 자기장은 전 영역에 걸쳐 매우 균일하게 분포한다.

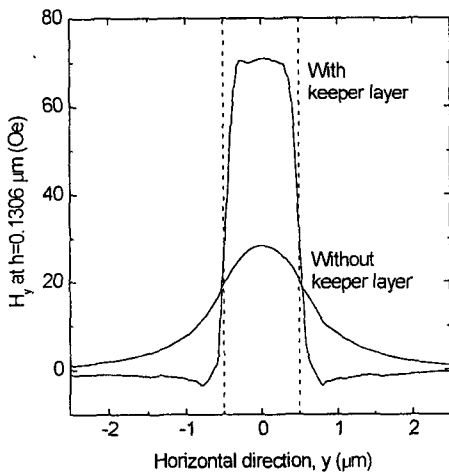


그림1. 키퍼층의 유무에 따라 발생하는 자기장의 크기와 분포 비교

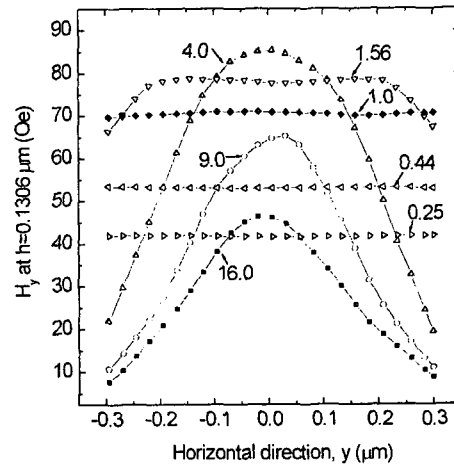


그림2. 키퍼층을 가진 워드선의 종횡비의 변화에 따른 자기장의 크기 비교

#### Reference

- [1] S. S. P. Parkin, K. P. Roche, M. G. Samant, ..., J. Appl. Phys., 85, 5828 (1999).
- [2] James D. Plummer, Silicon VLSI Technology, Prentice Hall. 2000.
- [3] Allan T. Hurst, William Vavra, U. S. Patent 5956267, 1997.