

미소자기 모델링을 사용한 고 기록 밀도의 MRAM 디자인에 관한 연구

원 혁*, 윤승호, 이성호, 박관수
부산대학교 전기전자공학부 전자기응용연구실

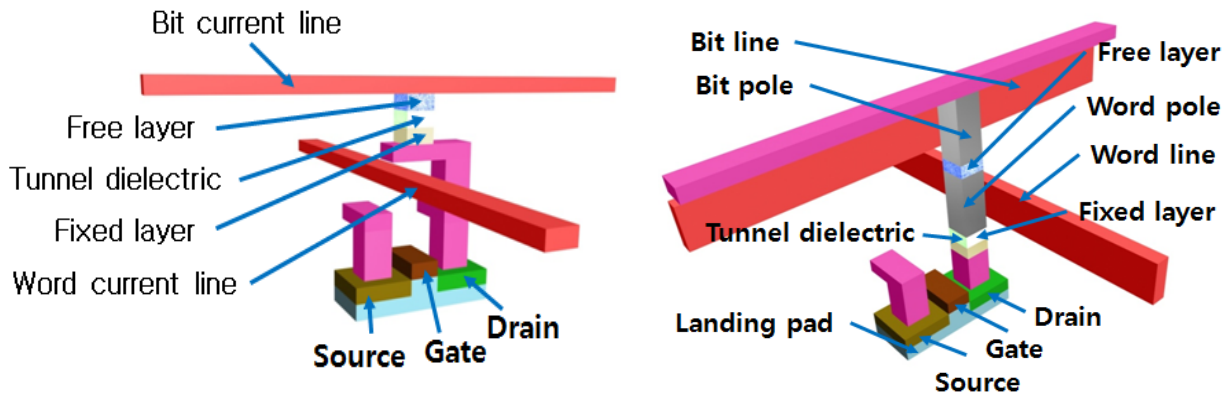
1. 서론

일반적인 MRAM (Magnetoresistive random access memory)에서의 가장 큰 문제점은 높은 전류를 인가하여도 발생하는 기록 필드(applied switching field)의 세기가 너무 작다는 것이다. 이는 높은 기록 밀도를 요구하는 메모리 분야에서 커다란 문제점이다. 이와 같은 일반적인 MRAM의 문제점은 그 구조적 특성 때문이다.

본 논문에서는 이러한 일반적인 MRAM의 구조에서 발생할 수 있는 문제점을 해결하기 위해서 고 투자율(permeability)을 가진 폴(pole)을 사용하였다. 고 투자율 특성을 지닌 폴로 인해서 작은 전류로도 큰 기록 필드를 발생 시킬 수 있게 되었다. 본 연구에서는 제안된 폴 형태의 MRAM들의 자기적 특성들을 분석하기 위하여 유한요소법(Finite element method)와 미소자기 모델링(Micromagnetics modeling with LLG)을 사용하였다. 또한 제안된 폴 형태의 MRAM들의 구조적 특성을 처리하기에 적합한 수치해석방법을 제시하였다.

2. 본론

일반적인 MRAM의 가장 큰 문제점은 그림 1의 (a)에서와 같이 기록 필드가 발생하는 부분이 단순하게 전류가 흐르는 두 선만을 사용한다는 것이다. 전류가 흐르는 두 선에서는 선의 중앙을 기준으로 자기장이 원형으로 고르게 분포하게 되어, 원하는 곳에 집중 시킬 수 없기 때문에 자기적 효율이 크게 떨어진다. 이 점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 그림 1의 (b)와 같이 자유층(free layer) 양단에 높은 투자율을 가진 폴을 추가한 구조를 사용하였다. 추가된 폴에 의해서 고르게 분포하던 자기장은 대부분이 폴을 통하여 흐르게 되어 큰 기록 필드를 발생 시킬 수 있게 된다. 인가된 전류에 따른 기록 필드의 세기를 비교한 것이 그림 2이다. 그림의 결과에서 보여 지는 것처럼 폴 형태의 MRAM은 큰 기록 필드를 발생 시킨다. 본 논문에서는 이 MRAM을 PTP MRAM (Pole type perpendicular MRAM)이라고 부른다.



(a) 일반적인 MRAM의 구조

(b) 폴 형태의 MRAM의 구조

그림 1. 일반적인 MRAM과 폴 형태의 MRAM의 구조 비교.

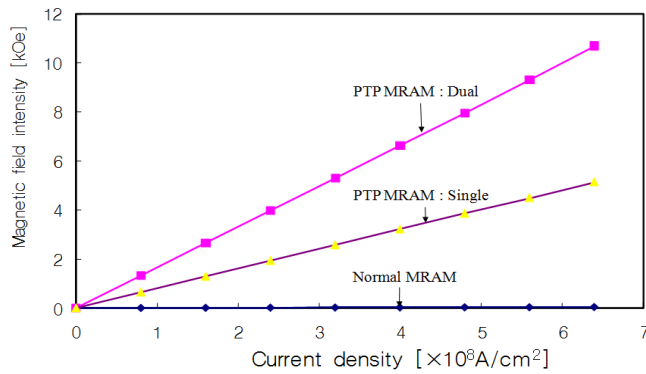


그림 2. 인가되는 전류 밀도에 따른 일반적인 MRAM과 폴 형태의 MRAM에서 발생하는 기록 필드 비교.

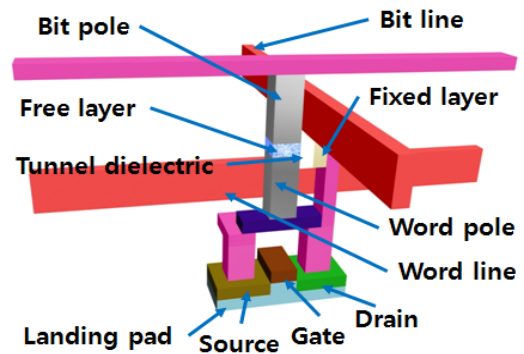
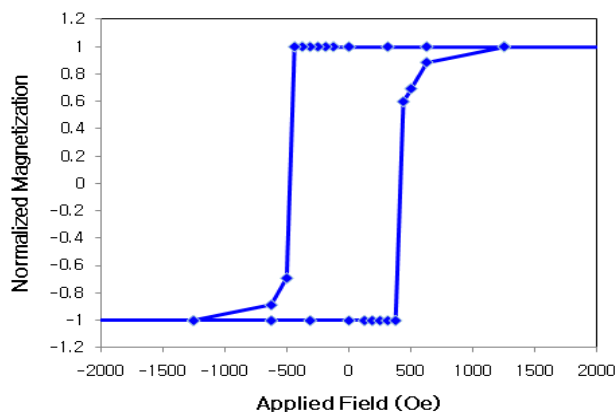


그림 3. 제안된 SJP MRAM의 구조.

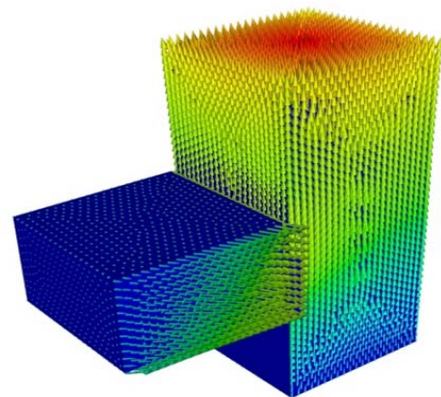
본 논문에서는 PTP MRAM 구조와 함께 그림 3과 같은 형태를 가진 SJP MRAM (Side junction perpendicular MRAM) 을 제안한다. 이 SJP MRAM은 PTP MRAM과 달리 기존의 수평 MTJ (Magnetic tunnel junction) 소자를 이용한다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 4는 미소자기 시뮬레이션을 이용하여 SJP MRAM의 한 모델을 시뮬레이션한 결과이다. 결과에서 볼 수 있듯이 자유층은 폴에서 발생된 기록 필드에 의해서 자화반전이 용이하게 되고 있고 고정층 (fixed layer)은 변함없는 자화 상태를 유지함을 알 수 있다.



(a) 계산된 스윙칭 히스테리시스 루프



(b) SJP MRAM의 자화 분포

그림 4. SJP MRAM의 미소자기 시뮬레이션 결과.

본 논문에서 제시한 폴 형태를 가진 MRAM들은 미소자기 모델만 가지고 계산하기에는 비효율적인 측면을 지니고 있다. 가장 커다란 자리를 차지하고 있는 폴의 자기장 분포를 미소자기 모델로 계산하는 것은 매우 비효율적이다. 따라서 본 논문에서는 자석부분은 미소자기 모델로 나머지 부분은 정자기 유한요소법으로 해석하는 방법을 제안하고자 한다.

4. 참고문헌

- [1] 김동석, 원혁, 박관수, 한국자기학회지, Vol. 18, No. 3, June 2008.
- [2] Xiaochun Zhgu and Jian-Gang Zhu, IEEE Trans. on Mag., Vol. 42, No. 10, October 2006.
- [3] Hyuk Won, Gwan Soo Park and Dong Sok Kim, IEEE Trans. on Mag., Vol. 45, No. 6, June 2009.