Embedded Micromagnetics for More Flexible Simulations

김형석[1], 유천열[2*]
[1]Department of Electrical Engineering, Kwangwoon University, Seoul 01897, Korea
[2]Department of Emerging Materials Science, DGIST, Daegu 42988, Korea

최근 자성학의 여러 분야에서 미소자기 동역학 (micromagnetic)를 이용한 연구가 널리 사용되고 있다. 많은 종류의 시뮬레이션 소프트웨어들이 활용되고 있는데, 그 중에서 가장 널리 사용되는 것은 Objected Oriented Micro Magnetic Framework (OOMMF)[1]와 MuMax^3[2]이다. 비록 이 두 소프트웨어들은 소스 코드가 공개되어 사용자가 수정하여 사용할 수 있는 길을 열어 놓았지만, 수정을 위해서는 상당한 수준의 프로그래밍 지식이 요구되기 때문에, 많은 사용자들은 주어진 범위에서만 사용이 가능하였다. OOMMF의 경우 많은 extension module이 사용자들에 의해서 개발되고 공개되어 [3], 가능한 시뮬레이션 범위가 넓어졌지만, 모든 사용자의 필요를 충족시키기는 것은 거의 불가능하다. 본 연구에서는 기존의 OOMMF와 MuMax^3 등의 시뮬레이션 프로그램들이 제공하는 기능을 활용하여, 일종의 embedded 시뮬레이션의 개념을 도입하여 그 활용성을 확장하는 방법을 제시하고자 한다. OOMMF나 MuMax^{3}의 경우 어떤 종류의 프로그램에서든지 system call을 이용하면 command line명령어로 실행이 가능하다는 점에서 착안하여, 본 연구에서는 MATLAB으로 작성한 메인 프로그램에서 OOMMF의 batch 실행 명령어인 boxii를 실행시키는 방식으로 micromagnetic 시뮬레이션을 구동하였다. 이 방법의 경우 메인 프로그램에서 *.mif 파일을 원하는 방식으로 편집하고, 매우 짧은 시간 Δt=1~10 ps 정도 간격으로 OOMMF를 실행시킨 후 그 결과를 분석하여 다시 *.mif 파일을 분석하는 방식으로 진행하였다. 이 embedded 방식의 장점은 시뮬레이션 중간에 물질 상수나 전류 밀도, 자기장의 분포 등을 Δt 간격으로 바꿀 수 있어서 사용자 입장에서 훨씬 다양한 종류의 시뮬레이션이 가능하다는 점이다. 본 발표에서는 이와 같은 embedded 방식의 micromagnetics 계산을 통해서 큰 터널링 자기정항을 갖는 터널링 자기저항 소자에서 spin transfer torque가 비균일 전류밀도에 의해서 스위칭 과정이 크게 영향을 받고 있음을 보이고자 한다.

References

[1] M. J. Donahue and D. G. Porter, OOMMF User's Guide, Version 1.0, Interagency Report NISTIR 6376, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD (Sept 1999).

[2] A. Vansteenkiste, J. Leliaert, M. Dvornik, M. Helsen, F. Garcia-Sanchez, and B. V. Waeyenberge, AIP Advances **4**, 107133 (2014).

[3] Hyungsuk Kim, and Chun-Yeol You, Journal of Magnetics **21**, 491 (2016).

[4] Chun-Yeol You, Journal of Magnetics **17**, 73 (2012).