

## New Calculation Model for Current- Perpendicular- Plane GMR

Jehyun Lee<sup>1,3</sup>, Myunggil Chun<sup>2,3</sup>, Kyuhwan Oh<sup>1</sup>, Hi-Jung Kim<sup>3</sup>, Kwang Youn Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>School of Materials Science and Engineering, Seoul National University, San 56-1 Shillim-dong, Gwanak-gu, Seoul 152-742, South Korea.

<sup>2</sup>Department of Materials Engineering, Chungnam National University, Daejeon 305-764, South Korea.

<sup>3</sup>Nano Device Research Center, Korea Institute of Science and Technology, 39-1 Hawolgok-dong, Seungbuk-gu, Seoul 136-791, South Korea.

최근 들어 소자를 제작한 후 박막 면에 수직으로 전류를 흘리는 CPP(Current Perpendicular to Plane)방식의 GMR 소자에 대한 연구가 활발하다. CPP 소자의 경우 같은 GMR 구조를 가진다 하더라도 박막 면에 평행하게 전류를 흘리는 CIP(Current In Plane)방식에 비해 그 특성이 우수하고[1], 전류를 이용해 자화 반전을 일으키는 CIMS(Current Induced Magnetization Switching)[2]의 개념이 등장하면서 그 중요성이 더욱 커지고 있다.

또한 CPP 구조를 통과한 전류는 CIP에서 발생하는 선팅효과가 없이 감지된 모든 전자가 소자의 모든 층을 통과하기 때문에[3,4] 현상과 이론이 잘 일치하고, 분석이 비교적 용이하다는 장점이 있다. CPP-GMR 현상을 설명한 이론으로 2CSR(2 Current Series Resistor) 모델[5]과 Valet-Fert 모델[6]이 유명한데 2CSR 모델은 비교적 간단한 계산으로 CPP 특성을 예측할 수 있으나 스핀 확산 거리가 짧은 재료에서는 잘 맞지 않고 구조에 따라 이론치와 실험치가 다르게 나타나는 단점이 있다[7]. 이는 전자가 매질을 진행함에 따라 스핀 정보를 잃어버리는 스핀 확산 현상 때문인데, 반면에 Valet-Fert 모델은 스핀 확산 거리와 전기화학적 포텐셜을 고려하여 복잡한 상황에서도 실험치와 이론치가 잘 맞는다는 장점이 있지만 계산식이 복잡하여 spin flip length와 박막의 두께관계를 가정하여 근사치를 구한 식을 사용하고 있고 새로운 구조를 설계했을 때 상황에 맞는 식을 다시 도출하기 어렵다는 단점이 있다.

Valet-Fert 모델과 2CSR 모델의 경우 기본적으로 강자성층과 비자성층이 교대로 배열된 멀티레이어 구조를 제시하고 있다. 새로운 구조를 설계한 연구자들의 경우 Valet-Fert 모델에 몇 가지 가정을 하여 식을 간략히 줄여서 사용하거나 2CSR 모델을 적용하여 식을 만들어서 사용하고 있다. 하지만 이 경우 2CSR 모델의 한계로 인해 실험결과를 표현하기에 충분하지 못한 것이 사실이다[7].

본 연구에서는 이러한 단점들을 보완하여, 2CSR 모델에 스핀 확산의 개념을 추가함으로써 Valet-Fert 모델만큼 정교하지는 않지만 Valet-Fert 모델에 비해 새로운 구조에 적용하기 쉽고 2CSR 모델에 비해 주어진 상황에 맞는 식을 보다 쉽게 설계할 수 있는 모델을 제시하였다. 또한 간단한 예제의 계산을 통해 기존 모델과의 유사도와 차이를 비교하였으며, 다소 복잡한 구조를 가진 CPP-GMR 소자의 경우에 어떻게 적용되는가를 예를 들어 보였다.

## 참고문헌

- [1] P. M. Levy, S. Zang, T. Ono, and T. Shinjo, Phys. Rev. B. 52, 16049 (1995)
- [2] J. C. Slónczewski, J. Magn. Magn. Mater, 195, L261 (1999)
- [3] W. P. Pratt, Jr., S. -F Lee, J. M. Slaughter, R. Lololee, P. A. Schroeder, and J. Bass, Phys. Rev. Lett 66, 3060 (1995)
- [4] M.A.M. Gijs, S. K. Lenczowski, and J. B. Giesbers, Phys. Rev. Lett. 70, 3343 (1993)
- [5] S. F. Lee, W. P. Pratt, Q. Yang, P. Holody, R. Lololee, P. A. Schroeder, and J. Bass, J. Magn. Magn Mater. 118 1 (1993)
- [6] T. Valet and A. Fert, Phys. Rev. B. 48, 7099 (1993)
- [7] S. Sanvito, C. J. Lambert, and J. H. Jefferson, Phys. Rev. B. 61, 14225