

# Magnetic Dead Layer in Amorphous CoFeB Layers with Various Top and Bottom Structures

Soo Young Jang<sup>\*1</sup>, S. H. Lim<sup>1,2</sup> and S. R. Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Materials Science and Engineering, Korea University, Seoul 136-713, Korea

<sup>2</sup>Department of Nano Semiconductor Engineering, Korea University, Seoul 136-713, Korea

## INTRODUCTION

비 정질 상태의 CoFeB를 magnetic layer로 사용한 CoFeB/Ru/CoFeB 구조의 Synthetic Ferrimagnetic layer (SyF)를 Magnetic tunnel junction structure (MTJs)를 기반으로 하는 MRAM 구조에서 높은 TMR값을 구현하고, 낮은 critical density를 보이게 하기 때문에 free layer로서 많이 사용되고 있다. 이때 free layer structure는 Ta layer를 capping 층으로 사용하고 그 아래에는 MTJs에서 barrier로 많이 사용하는 MgO가 놓이게 되어 MTJs중 부분적으로 MgO/CoFeB/Ru/CoFeB/Ta 구조를 보이게 된다. 그런데 이때 CoFeB의 두께가 SyF cell의 열적 안정성에 매우 민감하므로 CoFeB에 생성되는 magnetic dead layer (MDL)의 두께를 아는 것이 중요하다. 우리는 MDL을 알아내기 위해 여러가지 cell 구조를 구성하여 실험을 진행하였다.

## EXPERIMENTAL

MDL을 가늠하기 위해 (아래층부터) MgO/CoFeB/Ta, MgO/CoFeB/Ru, Ru/CoFeB/Ru 그리고 Ru/CoFeB/Ta 구조를 이용하였고, 이때 CoFeB의 두께는 2 nm 부터 10 nm 까지 다양하게 변화를 주었다. 실험은  $1\sim 5 \times 10^{-8}$  Torr 진공도를 가지는 UHV sputtering system을 이용하였다. 또한 SiO<sub>2</sub>기판을 사용하였으며 Ru의 접착력을 좋게 하기 위해 SiO<sub>2</sub> 기판 위에 Ta을 한층 덮은후에 Ru을 증착시켰다. 이때 사용한 자성층은 Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>20</sub>을 이용하였다. 그리고 CoFeB층의 MDL을 예측함에 있어서 surface roughness의 영향을 배제시키기 위해 CoFeB의 아래층의 surface roughness를  $R_a=0.1$ nm 정도로 일정하게 맞추었고, CoFeB의 산화를 방지하기 위해 CoFeB 위층의 두께를 9nm 정도로 두껍게 쌓았다. 측정은 vibrating sample magnetometer (VSM) 와 auger electron spectroscopy (AES)를 이용하였다.

## RESULT AND DISCUSSION

MDL을 예측하기 위해 saturation magnetic moment를 CoFeB의 두께별로 측정한 뒤, 각 데이터를 linear fitting을 하고 선을 x절편까지 외삽하여 이때 x절편을 MDL로 정하였다. 그 결과 MgO/CoFeB/Ru 구조에서는 0.24 nm, Ru/CoFeB/Ru 구조에서는 0.44 nm, MgO/CoFeB/Ru 구조에서는 0.36 nm, 그리고 Ru/CoFeB/Ta 구조에서는 0.56 nm 가 나왔다. 그리고 AES를 이용하여 Ru/CoFeB/Ru 구조에서 Ru 아래층과 Ru 위층이 CoFeB의 MDL 생성에 미치는 비율을 알아본 결과 3 : 4로서 위층의 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 하지만 실제로 이 수치를 적용해보면 MgO/CoFeB간의 MDL은 음의 값이 나오므로 비합리적이다. MgO는 원자간 결합력의 척도로 볼수있는 녹는점은 3125 K로 높은데다가 coordination number가 6으로 작아서 한개의 원자당 결합력이 높을 것이라고 예측이 가능하므로 MgO/CoFeB 계면에서 생성되는 MDL을 0이라 가정하기로 하였다. 그리고 각 계면에서 생성되는 MDL을 계산해보면 CoFeB/Ta 계면에서 생성되는 MDL이 가장 큰 것을 알 수 있는데 이것은 Ta의 원자량이 커서 CoFeB 층안으로 깊숙히 침투해 들어가기 때문인 것으로 여겨진다. MDL이 생성된 것을 확인하기 위해 전체 SyF구조를 만든 후 VSM을 이용하여 switching 거동을 살펴보았다. 이때 위층의 CoFeB을 2.3 nm, 아래층의 CoFeB을 2.0 nm로 쌓은 경우, 겉으로 보았을 때 두층의 두께는 서로 다르지만 MDL을 고려한 두 층의 두께는 같아서 direct-switching

과 같은 현상이 나타나지 않은 반면 위층과 아래층 모두 CoFeB을 2.0 nm로 같게 쌓은 경우에는 MDL을 고려한 두 층의 두께는 서로 다르므로 direct-write switching 거동이 일어남을 알 수 있다.

