

비정질 FeNiSiB 층을 자유층에 삽입한 이중 자기터널접합의 전압의존성 특성

김도균^{1*}, 조지웅¹, 전병선¹, 신경호², Shinji Isogami³, Masakiyo Tsunoda³, Migaku Takahashi³,
김영근¹

¹고려대학교 신소재공학과

²한국과학기술연구원

³Department of Electronic Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan

1. 서론

이중 자기터널접합(magnetic tunnel junction)은 터널링 자기저항비(tunneling magnetoresistance ratio)의 전압의존성이 낮고, 자유층의 전류구동형 자화반전(current induced magnetization switching)의 임계전류밀도를 감소시킬 수 있는 장점을 가진 소자로 알려져 있다.

그러나 결정질 MgO가 터널링 배리어로 사용되었을 경우, 단일층의 터널링 배리어가 사용된 자기터널접합은 200% 이상의 자기저항비를 나타낸 반면, 이중 터널링 배리어가 사용된 자기터널접합의 자기저항비는 100% 정도로 단일 자기터널접합이 비해 낮은 결과들만 보고 되고 있다. 본 실험에서는 이중 자기터널접합의 자유층에 비정질 강자성층인 FeNiSiB를 삽입하여 자기저항비를 향상시키고 인가전압에 따른 전기전도적 특성 향상에 초점을 두고 연구가 진행되었다.

2. 실험방법

본 실험에서 사용된 시료들은 초고진공 마그네트론 스퍼터링 시스템을 사용하여 증착되었다. 사용된 시스템은 금속 타겟건과 MgO 터널배리어 타겟건이 독립되어 있는 구성이며, 각 챔버의 초기 진공도는 5×10^{-9} Torr 이하의 초고진공을 상태로 유지되었다. 증착된 자기터널접합은 포토리소그래피와 이온빔 밀링 시스템을 이용한 미세공정을 통하여 $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ 크기의 소자로 제작되었으며, 공정 후 고진공 열처리 시스템(진공도: 10^{-6} Torr)에서 4 kOe의 자기장을 인가하며 열처리를 진행하였으며, 4-point probe 시스템을 이용하여 전기적 특성을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 330도에서 열처리된 자기터널접합의 자기저항비를 보여주고 있다. 그림에 나타난대로 자유층 재료가 CoFeB인 경우에 121%의 자기저항비를 나타내고 있는데, CoFeB과 FeNiSiB를 같이 사용한 경우에 조성에 따라 최대 195%의 높은 자기저항비를 보이고 있다. 이는 FeNiSiB를 사용하였을 경우에 MgO 터널배리어와 인접 자성층인 CoFeB층 사이의 계면의 결정화도 차이에 의한 것으로 판단되는데, 미세구조분석을 통하여 확인한 결과 FeNiSiB를 사용하였을 경우, CoFeB층의 결정화가 더 진행이 된 것으로 확인되었다.

그림 2는 인가전압에 따른 자기저항비의 변화를 출력 전압으로 보여주는 것으로 자유층에 단일 CoFeB층을 사용했을 경우에는 인가된 전압의 방향에 따라 출력 전압 즉 자기저항비가 크게 다른 양상을 보여주고 있지만, CoFeB층과 FeNiSiB층을 같이 사용했을 경우에는 전압 방향에 상관없는 출력전압이 대칭적인 양상을 보여주고 있다. 이와 같이 FeNiSiB층을 사용하였을 때, 개선된 형태의 자기저항비가 나타나는 이유는 다음과 같다. 자기저항비의 인가전압에 따른 특성은 터널배리어와 강자성층 사이의 계면 상태에 따른 영향을 많이 받게 되는데, CoFeB층만 사용하였을 경우 B 원자의 이동에 따른 CoFe/MgO 계면의 결정화가 어렵게 진행되어 위쪽

배리어/강자성층 계면과 아래쪽 배리어/강자성층 계면의 상태가 달라지게 된다. 반면 CoFeB층 사이에 FeNiSiB층을 삽입하였을 경우에 CoFeB에서 B 원자의 이동이 FeNiSiB층 방향으로 유도되어 위쪽 강자성층/배리어 계면과 아래쪽 강자성층/배리어 계면의 결정화도가 비슷하게 되어 전자가 이를 통과하게 될 경우 유사한 환경을 통과하게 되는 효과가 있다.

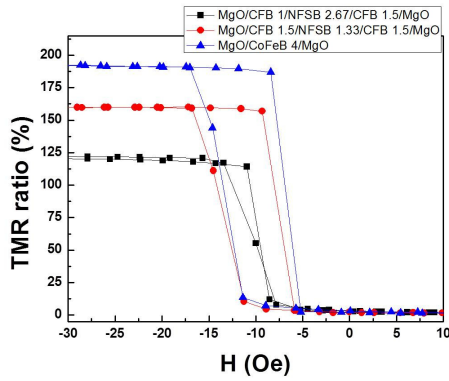


그림 1. 자유층 구성에 따른 자기저항비

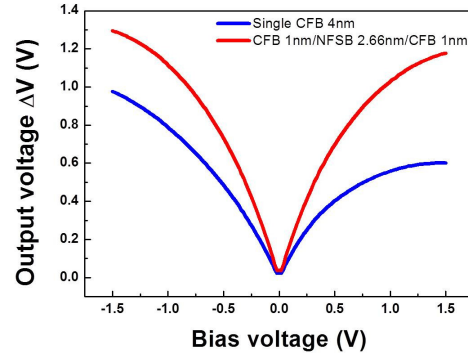


그림 2. 인가전압에 따른 출력전압의 변화

4. 결론

본 연구에서는 이중 자기터널접합의 자유층에 비정질 강자성층에 FeNiSiB층을 삽입하여 자기저항비를 높이고, 인가전압에 따른 자기저항비의 변화를 대칭적으로 개선하여 이중 자기터널접합의 성능을 향상 시키는 연구를 진행하였다.

5. 참고문헌

- [1] Z. Diao, A. Panchula, Y. Ding, M. Pakala, S. Wang, Z. Li, D. Apalkov, H. Nagai, A. Driskill-Smith, L.-C. Wang, E. Chen, and Y. Huai, Appl. Phys. Lett. 90, 132508 (2007)
- [2] C. Heiliger, P. Zahn, B. Yavorsky, and I. Mertig, Phys. Rev. B 72, 180406 (2005)
- [3] G. Feng, S. V. Dijken, J. F. Feng, J. M. D. Coey, T. Leo, and D. J. Smith, J. Appl. Phys. , 105, 033916 (2009)
- [4] H. D. Gan, S. Ikeda, W. Shiga, J. Hayakawa, K. Miura, H. Yamamoto, H. Hasegawa, F. Matsukura, T. Ohkubo, K. Hono, and H. Ohno, , Appl. Phys. Lett. 96, 192507 (2010)