

ICP 스퍼터를 이용한 TMR 소자 제작에서 절연막의 플라즈마 산화시간에 따른 미세구조 및 자기적 특성 변화
Effect of plasma oxidation time on TMR devices prepared by a ICP sputter

서울시립대학교 이영민, 송오성

1. 서론

TMR(tunneling magneto resistance) 현상은 강자성층/절연층/강자성층 구조를 갖는 박막에서 면에 수직인 방향으로 전류를 흘려주면 양쪽 강자성층의 스핀 배열 상태에 따라 절연층에서의 전자 터널링 확률이 달라짐으로 접합 저항이 변하는 현상이다.

절연층으로는 열역학적인 안정성이 높고 우수한 절연특성을 갖는 Al_2O_3 가 일반적으로 사용되고 있다. 그 제조 방법으로는 자성막 위에 우선 스퍼터를 이용하여 Al 금속을 증착시킨 후에 대기중에서 산화시키는 자연산화법과 산소 플라즈마를 이용하여 산화시키는 플라즈마 산화법이 주로 이용되고 있다. 플라즈마 산화법의 경우는 산화조건을 임의로 조절할 수 있기 때문에 산소분압, 산화시간, 플라즈마 출력 등의 최적 조건 확립이 매우 중요하다.

본 연구에서는 반 강자성체를 이용하여 강자성층 중 한쪽을 고정시킨 Ta(50Å)/NiFe(50Å)/IrMn(150Å)/CoFe(50Å)/Al(13Å)-O/CoFe(40Å)/NiFe(400Å)/Ta(50Å) 구조의 TMR 소자를 제작하고 소자 제작에 있어서 중요한 변수가 되는 산화막 형성 공정 중 플라즈마 산화시간을 달리 하여 이때의 절연막층의 미세구조 변화가 TMR 소자 특성에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

2. 실험방법

ICP 마그네트론 스퍼터를 이용하여 $2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$ 넓이의 열산화막이 형성된 실리콘 기판에 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 크기의 junction을 형성한 Ta(50Å)/NiFe(50Å)/IrMn(150Å)/CoFe(50Å)/Al(13Å)-O/CoFe(40Å)/NiFe(400Å)/Ta(50Å) 구조의 TMR 소자를 형성하였다. 특히 절연막층을 ICP 플라즈마 산화법을 이용하여 산화시켜, 산화시간을 30 sec에서 360 sec으로 변화시키면서 이 때 TMR 소자의 기준저항, 자기저항비와 미세구조의 변화를 관찰하여 보았다. 기준저항과 자기저항비는 4단자법을 이용하여 자장을 변화시키면서 측정하였고 미세구조는 수직단면 TEM으로 각각 분석하였다.

3. 실험결과

산화시간이 30 sec에서 360 sec으로 증가함에 따라 기준 저항의 실측치 평균은 9.66 Ω에서 1018 Ω까지 증가하였고, 자기저항비는 80 sec동안 산화시켰을 때 최고 30.31%(25.18%)에서 15.01%(14.97%)로 감소하였다. 팔호안의 값은 형상효과(geometry effect)를 고려한 경우의 계산값이다. HRTEM을 사용한 소자의 수직단면 미세구조 관찰에서는 360 sec로 산화시간이 긴 시편이 산화시간이 220 sec인 시편보다 산화막의 두께는 30%, 편차는 40%정도 증가하였음을 확인하였고, 산화시간에 따라 두께의 편차가 커진 것이 자기저항비가 감소한 주요한 원인으로 추정되었다. 본 실험범위내에서는 기준저항이 증가하면서 자기저항비가 감소하는 경향을 보였는데, 80 sec 동안 산화를 행한 시편의 기준저항이 $160 \text{ k}\Omega\mu\text{m}^2$ 으로 MRAM용 TMR 소자로 채택할 경우 필요한 특성조건을 만족할 것으로 예상되었다.