

## 비정질 CoFeSiB 자유층을 사용한 자기터널접합의 Co 조성에 따른 자기저항 특성 변화

김도균\*, 전병선, T. X. Wang, 김영근

고려대학교 공과대학 신소재공학과, 서울시 성북구 안암동 5-1, 136-713

### 1. 서론

강자성 나노-결정을 포함하는 비정질 강자성 재료는 그 재료가 갖는 독특한 연자성 특성으로 인하여 많은 주목을 받고 있다. 대표적으로 알려진 연자성 나노결정 합금으로는 FeSiBNbCu (FINEMET) 등이 있으며, 대부분의 연자성 나노결정 합금은 Fe 나노 결정을 기본으로 연구되어 왔다. 최근의 연구에서 새로운 비정질 강자성 재료(CoFeSiB, NiFeSiB)를 자기터널접합의 자유층으로 사용하여 우수한 특성을 갖는 것을 보고한 바 있다. 본 연구에서는 CoFeSiB의 Co 조성에 따른 미세구조의 변화와 자기적 변화를 관찰하고, 이를 자기터널접합에 적용하여 그 특성을 밝히고자 한다.

### 2. 실험방법

Sample의 구조는 Si/SiO<sub>2</sub>/Ta 45/Ru 9.5/IrMn 10/CoFe 7/AlO<sub>x</sub>/CoFeSiB 7/Ru 60 (in nm)로, 초기진공도는 5×10<sup>-8</sup> Torr 이하로 유지하였고 six-target DC magnetron sputtering system을 이용하여 제작하였다. 강자성층의 Uniaxial magnetic anisotropy를 형성하기 위해 100 Oe의 자기장을 증착하는 동안 걸어주었으며, Co의 조성은 Co<sub>70.5</sub>Fe<sub>4.5</sub>Si<sub>15</sub>B<sub>10</sub>의 조성비를 갖는 target에 작은 Co chip을 부착하여 조절하였다. 또한 증착된 sample은 고진공 분위기의 200 °C, 300 Oe의 자기장 하에서 2시간 동안 열처리를 하였다. 이후 박막의 조성을 확인하기 위하여 energy dispersive x-ray spectroscopy (EDX)와 inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES)를 사용하였고, x-ray diffraction (XRD)과 high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM)을 사용하여 미세구조를 분석하였다. Sample의 자기적인 특성은 vibrating sample magnetometer(VSM)을 이용하여 측정하였으며, photo-lithography로 미세 가공한 자기터널접합의 전자기적 특성을 측정하기 위하여 외부 자기장을 인가할 수 있는 4-point probe station 을 사용하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

x-ray diffraction (XRD) 분석과 high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM) 을 이용하여 CoFeSiB 박막의 조성별 미세 구조를 확인하고 비교하여 Table 1.에 요약하였다. Co의 조성이 낮으면 박막은 비정질 구조를 갖는 것으로 나타났고, Co의 조성이 높아질수록 비정질 내부에 Co 나노 결정이 형성이 되는 것을 확인할 수 있으며, 조성이 높아질수록 nano-crystal의 결정립의 크기가 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 변화는 박막의 자기적인 특성을 확연하게 변화시키는 것을 알 수 있으며 이는 magnetic decoupling와 magnetostriction에 의한 것이다. 이를 자기터널접합의 자유층으로 사용하였을 경우에 Co의 조성이 높아질수록 자기저항비가 증가하는 것을 관찰하였으며, 조성이 높아질수록 자기저항비와 자화반전자기장 값이 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 박막 내부에 Co의 조성이 높아짐에 따라 포화자화 값의 증가로 인한 것이다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 CoFeSiB 박막의 Co 조성에 따른 미세 구조의 변화와 자기적 특성변화를 확인하였으며, Co의 조성에 따라 박막의 결정 구조가 비정질에서 나노 결정을 포함하는 구조를 갖는다는 것을 확인하였고 이는 자기적 특성에 큰 영향을 준다는 것을 밝혀냈다. 또한 이를 자기터널접합의 자유층으로 사용하여 조성에 따른 자기저항 특성 변화를 밝혔다.

#### 5. 참고문헌

- [1] J. R. Rhee et al., IEEE Trans. Magn. **41**,2685(2005).
- [2] B. S. Chun et al., Appl. Phys. Lett., **87**, 082508 (2005).
- [3] C. Gomez-Polo et al., Phys.Rev.B **65**,024433(2001).

Table 1. Co 조성에 따른 CoFeSiB 박막의 결정 구조와 자기적 특성.

	Composition	Structure	$M_s(\text{emu/cm}^3)$	$K_u(\text{erg/cm}^3)$	$H_c(\text{Oe})$
(a)	$\text{Co}_{70.5}\text{Fe}_{4.5}\text{Si}_{15}\text{B}_{10}$	amorphous	400	2,500	1
(b)	$\text{Co}_{74}\text{Fe}_4\text{Si}_{14}\text{B}_8$	amorphous	600	6,500	1
(c)	$\text{Co}_{76}\text{Fe}_4\text{Si}_{13}\text{B}_7$	crystalline	950	isotropic	118
(d)	$\text{Co}_{78}\text{Fe}_3\text{Si}_{12}\text{B}_7$	crystalline	1000	isotropic	127

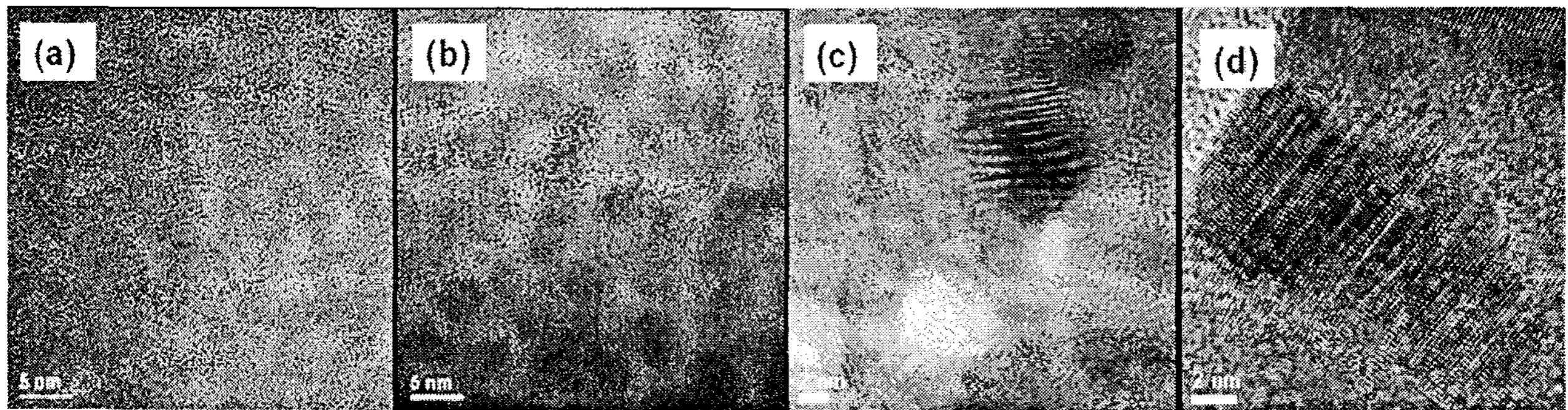


Fig. 1. 조성별 CoFeSiB 박막의 HRTEM 이미지 (a)  $\text{Co}_{70.5}\text{Fe}_{4.5}\text{Si}_{15}\text{B}_{10}$ , (b)  $\text{Co}_{74}\text{Fe}_4\text{Si}_{14}\text{B}_8$ , (c)  $\text{Co}_{76}\text{Fe}_4\text{Si}_{13}\text{B}_7$ , (d)  $\text{Co}_{78}\text{Fe}_3\text{Si}_{12}\text{B}_7$ .

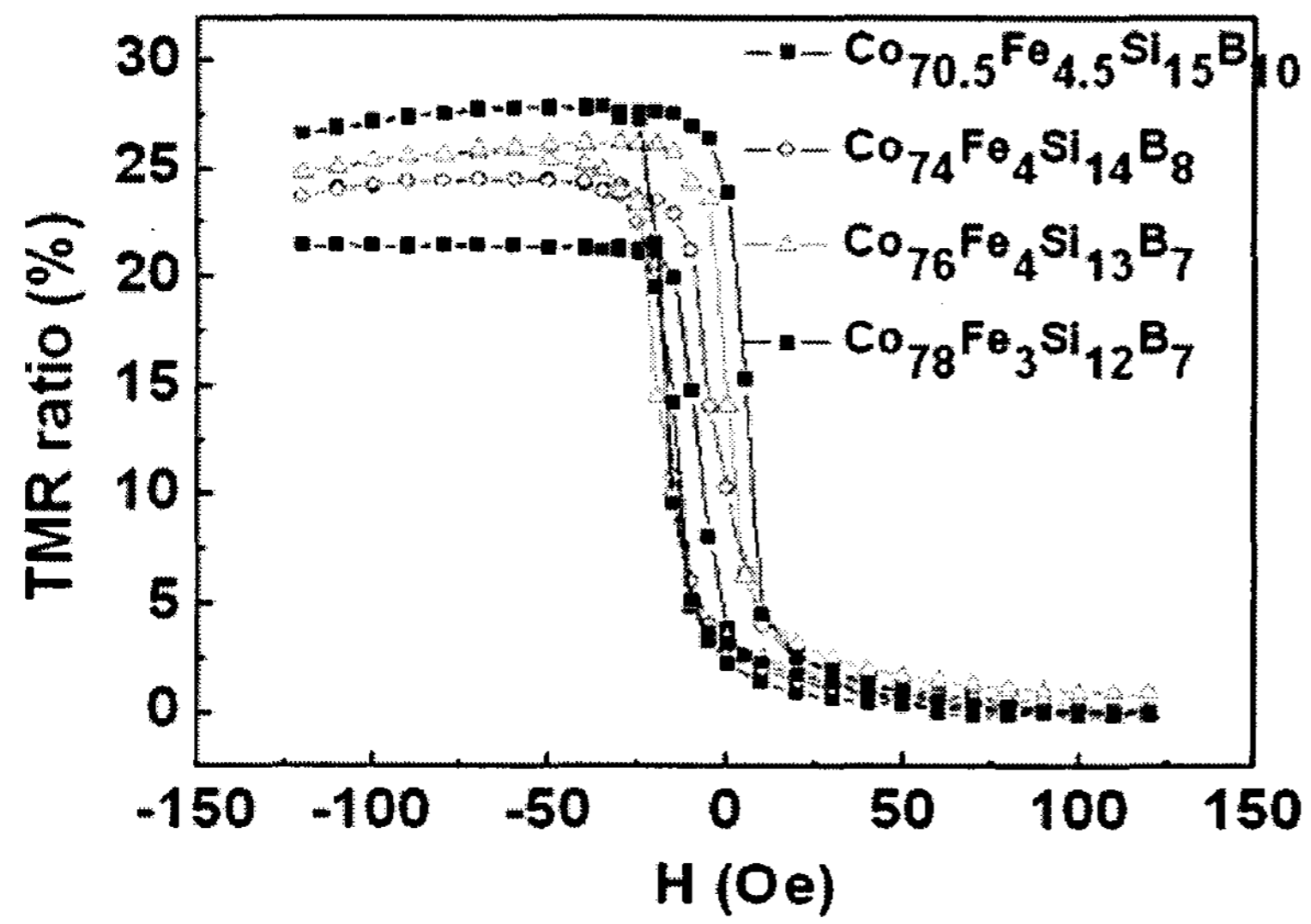


Fig. 2. Si/SiO<sub>2</sub>/Ta 45/Ru 9.5/IrMn 10/CoFe 7/AlO<sub>x</sub>/CoFeSiB 7/Ru 60 자기터널접합구조에서 Co 조성 변화에 따른 자기저항비.