

비정질 Fe-Co-RE-B [RE = Nd, Sm, Gd, Tb] 합금에 대한 자화값의 온도 의존성

충북 대학교 김 경 섭*, 유 성 초
충남 대학교 김 택 수, 김 종 오

The temperature dependence of the magnetization on amorphous Fe-Co-RE-B [RE = Nd, Sm, Gd, Tb] alloy ribbons

Chung-Buk National University K.S. Kim*, S.C. Yu
Chung-Nam National University T.S. Kim, C.O. Kim

1. 서 론

희토류 - 3d 전이금속 원소계인 비정질 Fe-Co-[Nd, Sm, Gd, Tb]-B 합금 시료에 대한 자기적 성질을 조사하기 위하여 포화자화 값을 온도의 함수로 측정하였다. 이로부터 Curie 온도 (T_c) 와 절대 영도에서의 포화자화값, $M_s(0)$, 를 구하였으며, spin wave stiffness 상수(D) 와 교환상호 작용 (exchange interaction) 의 범위등을 계산하여 각 희토류 원소에 따른 치환효과를 비교 분석하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서 사용한 시료는 $[(Fe_{80}Co_{20})_{0.98}RE_{0.02}]_{80}B_{20}$ (RE = Nd, Sm, Gd, Tb) 의 조성을 갖는 리본형의 시료로써 비정성 여부는 X-선 회절의 halo 상으로 확인하였다. 시료의 포화 자화는 시료진동형 자력계 (EG&G PARC VSM-155) 를 사용하여 77K 에서 900K 사이의 온도 범위에서 측정하였으며, 최대 자기장의 세기는 시료가 충분히 포화되는 15KG 로 하였다.

3. 실험 결과 및 토의

저온에서의 자화값의 변화는 Heisenberg 모형이 예측한 바와 같이 $\Delta M_s(T)/M_s(0) = BT^{3/2} + CT^{5/2}$ 와 같은 온도 의존성을 가지는데 그 기울기로 부터 Bloch 상수 B, C 를 구할 수 있으며 이론적으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.^{1, 2)}

$$B = \zeta(3/2)[g\mu_B/M_s(0)](K_B/4\pi D)^{3/2}$$

$$C = \zeta(5/2)[g\mu_B/M_s(0)](K_B/4\pi D)^{5/2} (3/4\pi)\langle r^2 \rangle$$

여기서 $\langle r^2 \rangle$ 은 교환상호 작용의 평균자승 영역이며 다음과 같이 나타낸다.

$$\langle r^2 \rangle = [16/3K_B][\zeta(3/2) / \zeta(5/2)][CD/B]$$

앞의 관계로부터 spin wave stiffness 상수 (D) 및 교환상호 작용의 평균자승 영역 (mean square range) 을 계산할 수 있다.^{1,2)} 윗 식의 관계로부터 구한 측정값이 Table.I 에 나타나 있다.

Table. I Curie temperature, saturation magnetization, Bloch coefficients, spin wave stiffness constant, the range of exchange interaction and the mean square range of exchange interaction in amorphous $[(Fe_{80}Co_{20})_{0.98}RE_{0.02}]_{80}B_{20}$ alloys.

Sample	$M_s(0)$ (emu/g)	T_c (K)	B ($10^{-6}K^{-3/2}$)	C ($10^{-8}K^{-5/2}$)	D (meVÅ ² /K)	D/ T_c (meVÅ ² /K)	$\langle r^2 \rangle$ (Å)
Fe-Co-B	182.5	848	21.3	1.4	97.3	0.115	7.8
Fe-Co-Tb-B	181.1	830	14.4	0.7	126.5	0.152	7.4
Fe-Co-Gd-B	181.5	842	18.5	1.1	106.9	0.127	7.7
Fe-Co-Sm-B	172.6	863	12.5	0.6	143.8	0.167	8.3
Fe-Co-Nd-B	175.1	875	11.3	0.5	156.7	0.179	8.4

윗 표에서도 볼 수 있듯이 light rare earth 인 Sm 과 Nd 를 포함하는 시료가 heavy rare earth 인 Tb 과 Gd 을 포함한 시료에 비해 Curie 온도 (T_c), spin wave stiffness 상수 (D) 교환상호 작용의 평균자승 범위 등이 더 큼을 볼 수 있는데, 이는 TM - LR (light rare earth) 합금계의 경우는 강자성 결합 (ferromagnetic coupling)을 하나 TM - HR (heavy rare earth) 합금계인 경우는 준 강자성 결합 (ferrimagnetic coupling) 을 하기 때문인 것으로 생각되어 진다.^{3,4)}

4. 결 론

본 실험상의 모든 시료는 Bloch 의 관계를 잘 만족 시켰으며, TM - LR 합금계인 경우가 TM - HR 합금계 보다 Curie 온도, spin wave stiffness 상수 및 교환상호 작용의 범위등이 보다 큼을 알수 있다.

참 고 문 헌

- 1] C.L. Chein and R. Hasegawa, Phys. Rev. B16, 2115 (1977) and the references cited therein
- 2] S.N. Kaul, Phys. Rev. B24, 6550 (1981)
- 3] T. Miyazaki, K. Hayashi, T. Otaki, M. Takahashi and T. Shimamori, J. Magn. Magn. Mat. 71 (1987) 83-89
- 4] M. Takahashi, A. Yoshihara, T. Shimamori, T. Wakiyama, T. Miyazaki, K. Hayashi and S. Yamaguchi, J. Magn. Magn. Mat. 75 (1988) 252-262