C1

자장중 정렬 분말의 자화곡선을 이용한 cone anisotropy 물질의 스핀재배열각 결정법

한국표준과학연구원 김윤배
吉林大學 金漢民

Determination of spin reorientation angle of cone anisotropic material from magnetization curves of magnetically aligned powders

KRISS Y.B.Kim
Jilin University Jin Han-min

1. 서 론

$Nd_2Fe_{14}B$ 는 상온에서 일축결정자기이방성을 보이나 135 K 이하에서는 자화용이축이 c-축으로부터 벗어나 {110} 면을 따라 기울어지는 스핀재배열(spin reorientation) 현상을 보인다[1]. 이때의 스핀재배열각(spin reorientation angle) 은 단결정에 대한 토크곡선[2] 또는 자화곡선[3]으로부터 직, 간접 측정이 가능하다. 그러나, 다결정 분말을 이용하는 경우[4,5] 입자의 분포 및 basal plane anisotropy 가 고려되지 않아 정확한 값이 구해지지 않고 있다. 본 연구에서는 basal plane anisotropy 를 고려한 다결정 분말의 자화곡선으로부터의 스핀재배열각 결정법을 제시하고자 한다.

2. 이론적 계산

c-축이 정렬된 $Nd_2Fe_{14}B$ 분말을 스핀재배열온도 이하로 냉각시키면 각 입자의 자화용이축은 {110} 면상으로 이동하게 된다. 이때 입자간 자기적 상호작용이 없고 c-축이 가우스함수에 따라 분포한다고 가정하면 자장중 정렬방향 및 수직방향으로의 잔류자화는 각각 다음과 같이 나타낼 수 있다 (Fig.1, Fig.2).

$$\frac{M_r(\parallel)}{M_s}=\frac{\sum_{\varphi}\sum_{\theta_c}(\sin\theta\cos\varphi\sin\theta_c+\cos\theta\cos\theta_c)\sin\theta_c\exp\left(-\frac{\theta_c^2}{2\theta_0^2}\right)}{\sum_{\varphi}\sum_{\theta_c}\sin\theta_c\exp\left(-\frac{\theta_c^2}{2\theta_0^2}\right)} \tag{1}$$

$$\frac{M_r(\perp)}{M_s}=\frac{\sum_{\varphi}\sum_{\varphi_c}\sum_{\theta_c}\left[\sin\theta\cos\varphi\frac{1-\sin^2\theta_c\cos^2\varphi_c}{\sin[\cos^{-1}(\sin\theta_c\cos\varphi_c)]}+\cos\theta\sin\theta_c\cos\varphi_c\right]\sin\theta_c\exp\left(-\frac{\theta_c^2}{2\theta_0^2}\right)}{\sum_{\varphi}\sum_{\varphi_c}\sum_{\theta_c}\sin\theta_c\exp\left(-\frac{\theta_c^2}{2\theta_0^2}\right)} \tag{2}$$

여기에서, θ 는 스핀재배열각, θ_c 는 정렬방향과 c-축이 이루는 각, θ_0 는 $M_r(\perp)/M_r(\parallel)$ 로 부터 결정되는 정렬도인자[6] 이며 각 φ 를 따른 적분은 basal plane anisotropy 를 고려한 것이다.

식 (2) 및 식 (1) 로 부터 다음과 같이 스핀재배열각은 포화자화와 무관한 잔류자화의 함수로 나타낼 수 있고

$$\frac{M_r(\perp)}{M_r(\parallel)} = \frac{\sum_{\varphi}\sum_{\varphi_c}\sum_{\theta_c}[\sin\theta\cos\varphi\frac{1-\sin^2\theta_c\cos^2\varphi_c}{\sin[\cos^{-1}(\sin\theta_c\cos\varphi_c)]}+\cos\theta\sin\theta_c\cos\varphi_c]\sin\theta_c\exp(-\frac{\theta_c^2}{2\theta_0^2})}{\sum_{\varphi}\sum_{\varphi_c}\sum_{\theta_c}[\sin\theta\cos\varphi\sin\theta_c+\cos\theta\cos\theta_c]\sin\theta_c\exp(-\frac{\theta_c^2}{2\theta_0^2})} \tag{3}$$

basal plane 을 따른 이방성이 없는 경우, 즉, $K_3=0$ 인 경우 스핀재배열각은 다음과 같다.

$$\frac{M_r(\perp)}{M_r(\parallel)} = \frac{\sum_{\varphi_c}\sum_{\theta_c}\cos[\cos^{-1}(\sin\theta_c\cos\varphi_c)-\theta]\sin\theta_c\exp(-\frac{\theta_c^2}{2\theta_0^2})}{\sum_{\varphi_c}\sum_{\theta_c}\cos(\theta_c-\theta)\sin\theta_c\exp(-\frac{\theta_c^2}{2\theta_0^2})} \tag{4}$$

본 연구에서는 상기 식을 이용하여 $Nd_2(Fe,Co)_{14}B$ 화합물의 스핀재배열각을 구하고 그 결과를 논의하고자 한다.

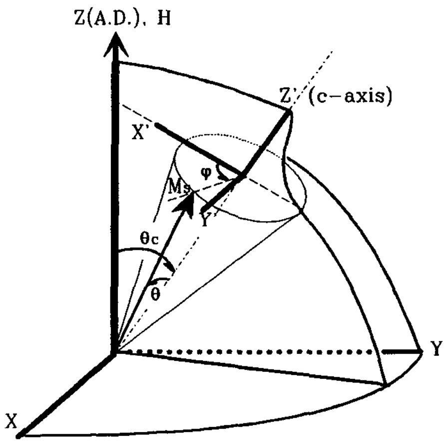

Fig. 1. Coordinates system which shows the position M_s and the relations of θ, θ_c and φ when applied field is parellel to alignment direction, A.D. ($K_3 \neq 0$).

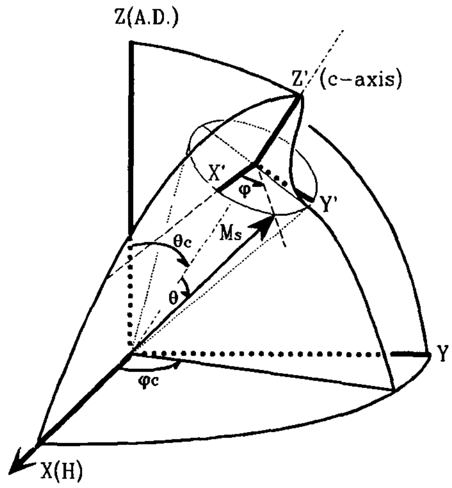

Fig. 2. Coordinates system which shows the position M_s and the relations of θ, θ_c and φ when applied field is perpendicular to align -ment direction, A.D. ($K_3 \neq 0$).

참고문헌

[1] D. Givord, H. S. Li, R. Perrier de la Bathie, Solid State Commun., 51 (1984) 857.

[2] O. Yamada, H. Tokuhara, F. Ono, M. Sagawa and Y. Matsuura, J. Magn. Magn. Mater., 54-57, (1986) 585.

[3] S. Hirosawa, Y. Matsuura, H. Yamamoto, S. Fujimura, M. Sagawa, and H. Yamauchi, J. Appl. Phys., 59 (1986) 873.

[4] H.Miyajima, Y.Otani, S.Chikazumi, S.H.irosawa and M.Sagawa, J. Magn. Magn. Mater., 54-57, 587 (1986)

[5] K. -D. Durst and H. Kronmüller, J. Magn. Magn. Mater., 59 (1986) 86.

[6] Y. B. Kim and Jin Han-min, J. Magn. Magn. Mater., in printing.