

IV. Paramagnetismo de Eléctrons de Condusao e Domínios Magnéticos

IV.1 Paramagnetismo dos Eléctrons de Condusao

Eléctrons livres num volume V :

$$D(E) = 4^{1/4} V \frac{2m_e}{h^2} E^{1/2} \quad (1)$$

Funçao de Fermi-Dirac:

$$f(E) = \frac{1}{\exp[(E - \mu)/kT] + 1} \quad (2)$$

$\mu = \mu(T)$ potencial químico

$$N_{\uparrow} = \frac{1}{2} \int_0^{E_F} f(E) D(E + \frac{1}{2} \mu_B B) dE \quad (4.3a)$$

$$N_{\downarrow} = \frac{1}{2} \int_0^{E_F} f(E) D(E - \frac{1}{2} \mu_B B) dE \quad (4.3b)$$

Com $n_{\uparrow} = N_{\uparrow}/V$ e $n_{\downarrow} = N_{\downarrow}/V$, a magnetização:

$$M = \mu_B (n_{\uparrow} - n_{\downarrow}) \quad (4)$$

$$M = \mu_B^2 D(E_F) \quad (5)$$

Suscetibilidade ($M=H = \mu_0 M=B$)

$$\hat{A} = \mu_0 \mu_B^2 D(E_F) \quad (6)$$

IV.2 Domínios Magnéticos

1) Energia magnética

$$E_{\text{mag}} = i \frac{1}{2} M \cdot B = i \frac{1}{2} M \cdot H_d \quad (7)$$

2) Energia de anisotropia cristalina

$$E_K = E_K(\theta_1; \theta_2; \theta_3) \quad (8)$$

Num cristal uniaxial

$$E_K = K \sin^2 \mu \quad (9)$$

μ é o ângulo entre M e o eixo de simetria do cristal

3) Energia de intercâmbio

$$E_{\text{inter}}^{\text{par}} = i 2J S^2 \cos \theta \quad (10)$$

J parâmetro de intercâmbio

$$\cos \hat{A} = 1 \quad ; \quad \hat{A}^2 = 2 + \hat{A}^4 = 24 \quad ; \quad \dots \quad (11)$$

$$E_{\text{inter}}^{\text{par}} = J S^2 \hat{A}^2 \quad (12)$$

$$E_{\text{inter}} = J S^2 \sum_i \hat{A}_i^2 \quad (13)$$

IV.3 Espessura de uma Parede de Domínios

$$E_{\text{inter}} = N E_{\text{inter}}^{\text{par}} = J S^2 \frac{1}{4}^2 = N \quad (14)$$

$$e_{\text{inter}} = \frac{1}{4}^2 J S^2 = N a^2 \quad (15)$$

Energia de anisotropia por unidade de volume

$$E_K = K \sin^2 \mu$$

$$e_K = K \overline{\sin^2 \mu} N a \frac{1}{4} K N a \quad (16)$$

Energia total por unidade de área

$$e = e_{\text{inter}} + e_K \quad (\text{intercâmbio mais anisotropia})$$

$$\frac{\partial e}{\partial N} = \frac{1}{4}^2 J S^2 = N^2 a^2 + K a = 0 \quad (17)$$

$$N = \frac{\frac{1}{4} S^2}{a^3} \frac{J}{K} \quad (18)$$

Espessura

$$\pm = Na = \frac{1/4 S r}{a^{1-2}} \sqrt{J=K} \quad (19)$$

Grandeza	Fe	SmCo ₅	Unidade
Polarização de saturação $J_s = 1_0 M_s$	2	1	T
Constante de anisotropia K_1	$5 \text{ } \text{E} \text{ } 10^4$	10^7	J m^3
Campo de anisotropia H_A	$5 \text{ } \text{E} \text{ } 10^4$	$2 \text{ } \text{E} \text{ } 10^7$	A m^1
Parâmetro de troca $J = l$	$2 \text{ } \text{E} \text{ } 10^i \text{ } 11$	$2 \text{ } \text{E} \text{ } 10^i \text{ } 11$	J m^1
Energia da parede e	$5 \text{ } \text{E} \text{ } 10^i \text{ } 3$	$5 \text{ } \text{E} \text{ } 10^i \text{ } 2$	J m^2
Espessura da parede \pm	$5 \text{ } \text{E} \text{ } 10^i \text{ } 8$	$5 \text{ } \text{E} \text{ } 10^i \text{ } 9$	m