

TỪ GIẢO CỦA HỢP CHẤT  $Tb(Fe_xNi_{1-x})_2$ 

NGUYỄN HỒNG CHÁU, THÂN ĐỨC HIỀN

## 1. Mở đầu

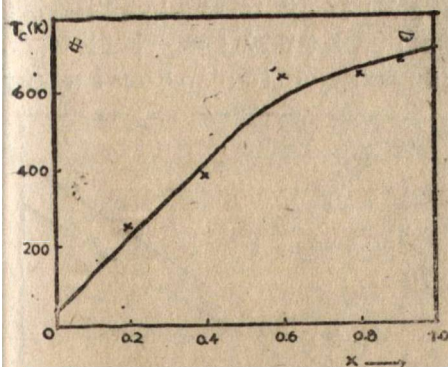
Các hợp chất đất hiếm — kim loại chuyển tiếp loại  $RM_2$  (R — đất hiếm 4f, M — kim loại chuyển tiếp 3d) được nhiều người quan tâm nghiên cứu [1,2]. Các hợp chất với  $M = Ni, Fe, Co$  có cấu trúc lập phương pha Laves, trong một ô mạng có 2 nguyên tử đất hiếm và 4 nguyên tử kim loại chuyển tiếp. Các hợp chất feri từ  $RFe_2$ , Fe có tính chất định xứ cao, tương tác Fe-Fe mạnh, trật tự từ ở nhiệt độ 550K ÷ 800K tùy thuộc các nguyên tố R [1]. Trong khi đó, Ni không từ tính trong  $RNi_2$  do các điện tử của đất hiếm lấp vùng 3d của Niken. Hợp chất  $TbNi_2$  có trật tự từ ở vùng nhiệt độ dưới nhiệt độ Nitơ lỏng [2]. Hợp chất  $RCo_2$  thì là những chất sắt từ giả bền với nhiệt độ trật tự dưới 400K.

Hợp chất  $TbFe_2$  có nhiệt độ Curie  $T_c = 711K$  [3], từ giảo đạt giá trị kỷ lục  $\chi_{III} = 4400 \times 10^{-6}$  ở 4,2K,  $\lambda_{III} = 2500 \times 10^{-6}$  ở nhiệt độ phòng và với đa tinh thể  $\chi_s = 1753 \times 10^{-6}$  ở nhiệt độ phòng [4]. Do đó  $TbFe_2$  có nhiều khả năng ứng dụng trong kỹ thuật.

Để hiểu sâu đặc tính của các hợp chất 4f—3d, trong bài này chúng tôi trình bày các kết quả nghiên cứu từ giảo của hệ giả hai nguyên  $Tb(Fe_xNi_{1-x})_2$  trong đó nguyên tử định xứ Fe được thay thế dần dần bằng các nguyên tử Ni không từ tính.

## 2. Kết quả thực nghiệm và biện luận

Hợp chất  $Tb(Fe_xNi_{1-x})_2$  được tạo bằng phương pháp nóng chảy hồ quang trong môi trường khí argon từ các kim loại sạch Ni, Fe (5N) và Tb (3N). Mẫu tạo ra được đúc có dạng hình trụ đường kính 5mm trong khuôn khổ bằng đồng được làm lạnh bằng nước. Sau đó mẫu được ủ trong các ống thạch anh ở 720°C trong 7 ngày trong chân không  $10^{-5}$  mmHg.



Hình 1

Nhiệt độ Curie ( $T_c$ ) của các hợp chất  $Tb(Fe_xNi_{1-x})_2$  phụ thuộc vào nồng độ Fe.

Đề đo từ giảo bằng phương pháp điện dung ba cực các mẫu được cắt phẳng và đục lỗ bằng phương pháp tia lửa điện để tránh ứng suất cơ học. Mẫu có dạng hình trụ rỗng dài 4,3mm đường kính 5mm, lỗ ở tâm  $\phi = 2mm$ . Các phép đo từ giảo được thực hiện trong vùng nhiệt độ 77K—500K và trong từ trường ngoài tới 6kOe tạo ra bởi một nam châm điện.

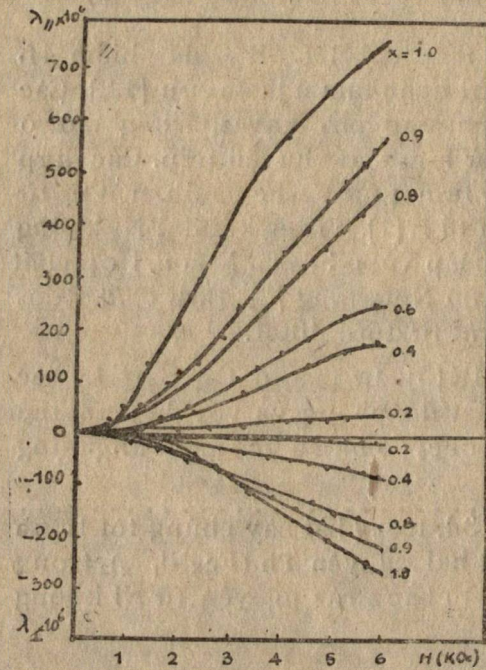
Từ độ của các mẫu được khảo sát bằng phương pháp cảm ứng.

Hình 1 đưa ra sự phụ thuộc của nhiệt độ Curie vào nồng độ Fe của các mẫu.



Nhận thấy rằng, khi tăng nồng độ Ni, nhiệt độ Curie giảm. Với  $x=1$ ,  $T_c = 713\text{K}$ ;  $x=0,9$ ,  $T_c = 690\text{K}$ ... và  $x=0$ ,  $T_c = 40\text{K}$  [2]. Các kết quả trên khá phù hợp với sự giảm  $T_c$  khi tăng nồng độ Ni của hợp chất Dy ( $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ )<sub>2</sub> [5]. Điều đó là do sự giảm nồng độ ion Fe trong các hợp chất và tương tác Fe-Fe, Fe-Tb đều bị giảm đi.

Hình 2 trình bày sự phụ thuộc của từ giảo dọc ( $\lambda_{\parallel}$ ) và từ giảo ngang ( $\lambda_{\perp}$ ) vào từ trường ngoài của các mẫu ở nhiệt độ ni tơ lỏng. Rõ ràng là ở từ trường



Hình 2

Sự phụ thuộc của từ giảo dọc  $\lambda_{\parallel}$  và từ giảo ngang  $\lambda_{\perp}$  và từ trường ngoài của  $\text{Tb}(\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x})_2$  ở 77K.

Cũng như khi thay thế các ion không từ tính, khi tăng nhiệt độ từ giảo dọc và ngang của các mẫu đều giảm, nhưng chúng tôi không quan sát thấy hiệu ứng chặn ( $\lambda_{\parallel} = 2\lambda_{\perp}$ ) trong hợp chất  $\text{Tb}(\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x})_2$ . Ở 77K và từ trường 6 Koe, tỷ số  $\lambda_{\parallel}/\lambda_{\perp} = 2,8$  ứng với  $x=1$   $\lambda_{\parallel}/\lambda_{\perp} = 2,5$  với  $x=0,9$ .

Chúng tôi dùng các giá trị  $\lambda_{\parallel}$  và  $\lambda_{\perp}$  thu được để tính các giá trị từ giảo  $\lambda_s$  ở các từ trường khác nhau theo biểu thức:

$$\lambda_s = 2/3 (\lambda_{\parallel} - \lambda_{\perp}) \quad 6$$

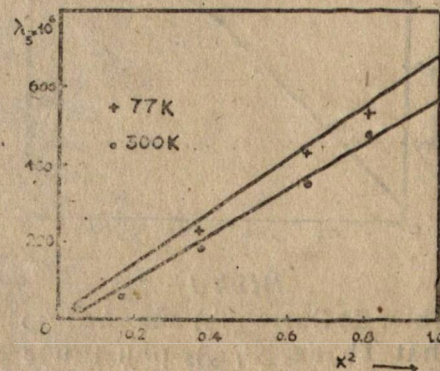
Trong từ trường 6Koe từ giảo  $\lambda_s$  ở 300K của hầu hết các mẫu bằng  $\approx 0,8$  từ giảo  $\lambda_s$  ở 7K (xem hình 3). Chẳng hạn, với  $\text{TbFe}_2$   $\lambda_s = 690 \times 10^{-6}$  ở 77K và  $\lambda_s = 550 \times 10^{-6}$  ở 300 K.

6 Koe, từ giảo của tất cả các mẫu với  $x > 0,2$  không đạt giá trị bão hòa. Với  $x=0,2$  từ giảo dọc và ngang đều có xu hướng đạt giá trị bão hòa. Ở từ trường 6 Koe, giá trị từ giảo dọc của các mẫu lớn. Ví dụ:  $x=1$ ,  $\lambda_{\parallel} = 760 \times 10^{-6}$  (gấp hơn 20 lần từ giảo dọc của Niken kim loại);  $x=0,9$ ,  $\lambda_{\parallel} = 580 \times 10^{-6}$ ;  $x=0,8$ ;  $\lambda_{\parallel} = 470 \times 10^{-6}$ .

Các giá trị từ giảo thu được với  $\text{TbFe}_2$  phù hợp tốt với kết quả của các tác giả [6]. Trong các kim loại đất hiếm, Tb có giá trị từ giảo cao nhất cả ở dạng hợp chất và kim loại. Với Tb kim loại  $\lambda_s = 1230 \times 10^{-6}$  ở nhiệt độ ni tơ lỏng,  $\lambda_{\parallel} = 600 \times 10^{-6}$  ở nhiệt độ phòng [7]. Cơ chế từ giảo lớn của Tb và các kim loại đất hiếm được lý giải do tương tác của trường tinh thể với đám mây điện tử ion đất hiếm.

Trong các hợp chất  $\text{Tb}(\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x})_2$ , khi thay thế Fe bằng Ni không từ tính số cặp tương tác Fe-Tb giảm do đó giảm tương tác của Tb với trường tinh thể. Vì vậy từ giảo giảm nhanh theo  $(1-x)$  tăng lên.

Ngoài ra, trong hình 2 cũng cho thấy từ giảo ngang  $\lambda_{\perp}$  có giá trị khá lớn. Với  $x=1$   $\lambda_{\perp} = -270 \times 10^{-6}$ ,  $x=0,9$ ,  $\lambda_{\perp} = -230 \times 10^{-6}$ .



Hình 3

$\lambda_s$  của  $\text{Tb}(\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x})_2$  trong từ trường 6 Koe ở 77K và 300 K phụ thuộc vào bình phương nồng độ Fe.

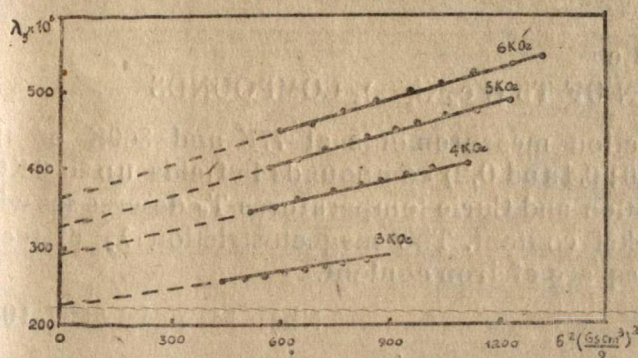
ongtư



Một điều đáng lưu ý là  $\lambda_s$  không phụ thuộc một cách tuyến tính vào nồng độ ion Fe mà vào bình phương của nồng độ ion Fe trong các mẫu ở cả 77 K và 300 K.

Rõ ràng rằng Fe đóng vai trò quan trọng trong các hiện tượng từ xuất hiện ở các hợp chất Tb ( $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ )<sub>2</sub>. Sự thay đổi nồng độ Fe gây nên sự thay đổi về từ giảo và trật tự từ trong các hợp chất.

Ngoài, ra ta cũng thu được sự phụ thuộc tuyến tính của từ giảo  $\lambda_s$  vào bình phương từ độ  $\delta^2$  (hình 4) với mẫu TbFe<sub>2</sub> ở các từ trường 3K0e, 4K0e, 5K0e



6K0e. Qui luật này đúng cho các chất sắt từ thông thường.

Tính chất từ, từ giảo của hệ Tb ( $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ )<sub>2</sub> hoàn toàn khác với hệ Tb ( $\text{Fe}_x\text{Co}_{1-x}$ )<sub>2</sub> [8]. Khi thay thế dần dần các ion Fe bằng các ion Co, nhiệt độ Curie đạt giá trị cực đại ở  $x \approx 0,8$  và từ giảo dọc có giá trị cực tiểu ở thành phần trên.

Hình 4. Sự phụ thuộc của  $\lambda_s$  vào bình phương từ độ ở các từ trường khác nhau đối với mẫu TbFe<sub>2</sub>

#### Kết luận

Thay thế ion định xứ Fe bằng ion tập thể Ni không từ, nhiệt độ Curie và từ giảo  $\lambda_s$  giảm,  $\lambda_s$  phụ thuộc một cách tuyến tính vào bình phương nồng độ Fe ( $x^2$ ) (hay bình phương từ độ). Điều đó có liên quan mật thiết với tương tác của các ion định xứ Fe và các ion tập thể Ni với các ion đất hiếm trong hợp chất Tb ( $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ )<sub>2</sub>.

Chúng tôi xin cảm ơn anh Nguyễn Hữu Đức đã giúp tạo mẫu.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Buschow K.H.J. Ferromagnetic materials, edited by E.P. Wohlfarth, North-Holland Amsterdam chap. 4 (1980).
2. Ibarra M.R. Moral A., J. Phys. Chem. Solids 45, 789, (1984)
3. Buschow K.H.J. Physica 86—88B, 79 (1977)
4. Clark A. E. Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths., eds K.A. Gschneider, Jr. and Eyring, North—Holland Amsterdam, Chap. 15 (1979).
5. Burzo E. Solid State Communcations 18, 1431 (1976).
6. Clark, A.E., Belson H.S. Phys. Rev. B5, 3642 (1972)
7. Belov K.P., Kataev G.I., Levitin R.Z., Nikitin S.A., Sokolov V.I., Usp. Fiz. Nauk 140, 271 (1983).
8. Belov K.P., Eliutin O.P., Kataev G.I., Kim D.,... Phys. Metals and Metal. 39, 284 (1975)



Нгуен Хонг Чау, Тхан Дых Хиен

МАГНИТОСТРИКЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ ТЬ  $(\text{Fe}_x \text{Ni}_{1-x})_2$

В этой работе показаны результаты измерений магнитострикции соединений Ть  $(\text{Fe}_x \text{Ni}_{1-x})_2$ , где  $x = 1; 0,9; 0,8; 0,6; 0,4; 0,2$  при температурах 77К и 300К. Магнитострикция и температура кюри уменьшаются при увеличении концентрации немагнитных ионов Ni. Магнитострикция  $\lambda_s$  исследуемых образцов пропорционально квадратной концентрации ионов железа.

Nguyen Hong Chau, Than Duc Hien

MAGNETOSTRICTION OF Tb  $(\text{Fe}_x \text{Ni}_{1-x})_2$  COMPOUNDS

The results of magnetostriction measurements at 77K and 300K on the Tb  $(\text{Fe}_x \text{Ni}_{1-x})_2$  ( $x=1; 0.9; 0.8; 0.6; 0.4$  and  $0.2$ ) compounds in fields up to 6 KOe are reported. Their magnetostriction and Curie temperatures  $T_c$  decreases with increasing non — magnetic nickel content. The magnetostriction  $\lambda_s$  of these compounds is in direct ratio to square of iron content.

Nhận bài ngày 29-7-1986