

# ホイスラー合金 $\text{Fe}_{3-x}\text{V}_x\text{Si}$ の磁気特性

## Magnetic properties of Heusler alloys $\text{Fe}_{3-x}\text{V}_x\text{Si}$

東北学院大・工 鹿又 武, 迫野 卓也  
東北大・金研 小山 圭一, 渡辺 和雄  
東北大・多元研 梅津 理恵, 貝沼 亮介  
龍谷大・理工 西原 弘訓

T. Kanomata<sup>1</sup>, T. Sakuno<sup>1</sup>, K. Koyama<sup>2</sup>, K. Watanabe<sup>2</sup>  
R. Y. Umetsu<sup>3</sup>, R. Kainuma<sup>3</sup>, H. Nishihara<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Engineering, Tohoku Gakuin University

<sup>2</sup> Institute for Materials Research, Tohoku University

<sup>3</sup> Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University

<sup>4</sup> Faculty of Science and Technology, Ryukoku University

### 1. はじめに

$\text{Fe}_3\text{Si}$  は約 823 K にキュリー温度  $T_C$  を持つ強磁性体である。一方、 $\text{Fe}_2\text{VSi}$  は 123 K にネール温度  $T_N$  を持つ反強磁性体である。[1,2] 最近の我々の研究結果によれば、 $\text{Fe}_3\text{Si}$  と  $\text{Fe}_2\text{VSi}$  の混晶  $\text{Fe}_{2.2}\text{V}_{0.8}\text{Si}$  は負の巨大磁気抵抗を示す。すなわち 4.2 K で磁場 10 T を作用すると抵抗は 42 % 減少する。この  $\text{Fe}_{2.2}\text{V}_{0.8}\text{Si}$  に現れる巨大磁気抵抗効果の起因を調べる目的で、 $\text{Fe}_{3-x}\text{V}_x\text{Si}$  ( $0.6 \leq x \leq 1$ ) の磁性について調べた。

### 2. 試料作製と実験方法

$\text{Fe}_{3-x}\text{V}_x\text{Si}$  ( $0.6 \leq x \leq 1$ ) 合金は高純度元素を組成比に従って秤量し、アルゴンガス雰囲気中でこれら元素をアーク溶解して作製された。試料の均一性を良くするため反応物を 850°C で 3 日間熱処理した。試料評価は粉末 X 線法で行った。作製された全ての試料は単相で、 $L2_1$  構造を持つことを確認した。磁化測定は SQUID を用いて行われた。強磁場磁化測定は東北大学金属材料研究所強磁場超伝導材料研究センターに設置してある超伝導マグネットを用いて引き抜き法により測定された。

### 3. 実験結果

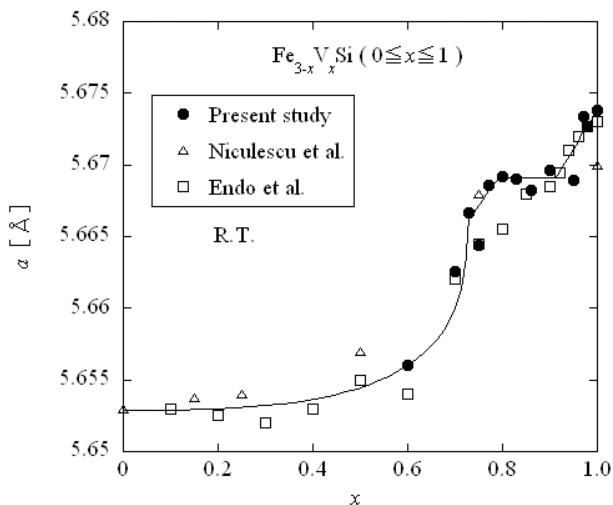


Fig. 1. Concentration dependence of lattice parameter  $a$  at room temperature for  $\text{Fe}_{3-x}\text{V}_x\text{Si}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ).

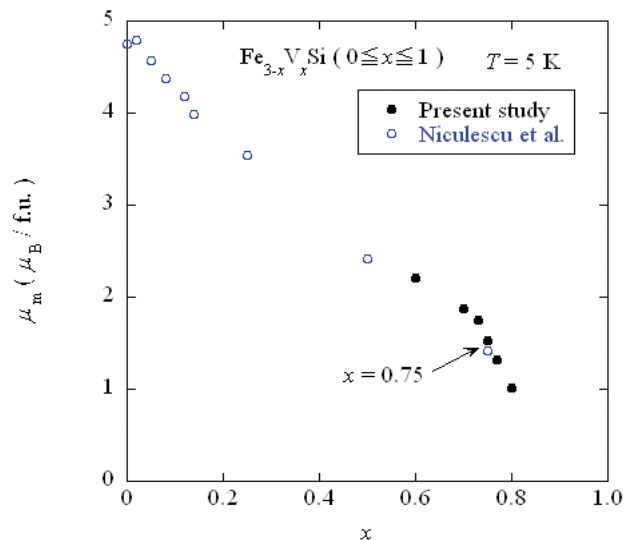


Fig. 2. Concentration dependence of magnetic moment per formula unit  $\mu_m$  at 5 K for  $\text{Fe}_{3-x}\text{V}_x\text{Si}$  ( $0 \leq x \leq 0.8$ ).

Fig. 1 は常温における格子定数の組成依存性である。図を見て明らかのように、 $\text{Fe}_3\text{Si}$  の Fe を一部 V に置換していくと格子定数は組成  $x$  の増加に伴わずかに増加するが、組成  $x$  が 0.7 近傍で格子定数は急激に増加する。更に組成  $x$  を増加すると格子定数は  $x$  が 0.95 近傍で再び急激に増加する。後に示すように、 $\text{Fe}_{3-x}\text{V}_x\text{Si}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) 化合物における格子定数の組成依存性は磁気特性の組成依存性に良く対応している。

Fig. 2 は  $\text{Fe}_{3-x}\text{V}_x\text{Si}$  ( $0 \leq x \leq 0.8$ ) 化合物の 5 K における 1 分子あたりの磁気モーメント  $\mu_m$  の組成変化である。組成  $x$  の増加に伴い  $\mu_m$  は減少するが、組成  $x$  が 0.75 以上では  $\mu_m$  の組成に対する減少の割合が増加している。

Fig. 3 は磁化測定の結果に基づいて作成した  $\text{Fe}_{3-x}\text{V}_x\text{Si}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) の磁気相図である。組成  $x$  を 0 から増加すると  $T_C$  は急激に減少する。一方、組成  $x$  を 1 から減少すると  $T_N$  も急激に減少する。 $x$  が  $0.75 \leq x \leq 0.95$  の組成領域ではリエントラントスピングラス相とスピングラス相が出現する。

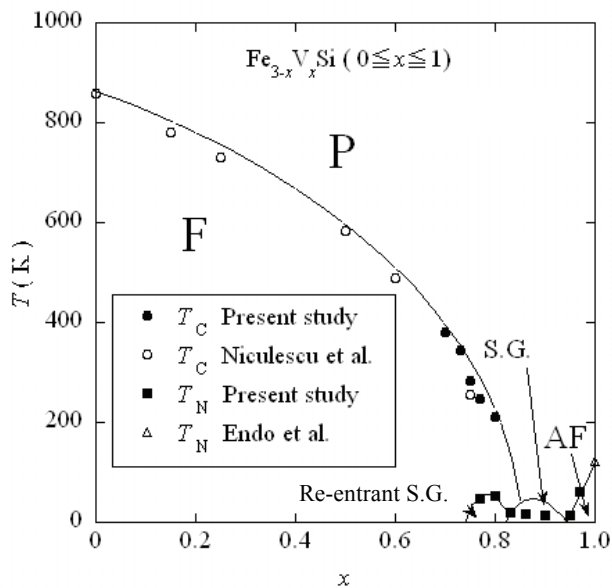


Fig. 3. Magnetic phase diagram of  $\text{Fe}_{3-x}\text{V}_x\text{Si}$  ( $0 \leq x \leq 1.0$ )

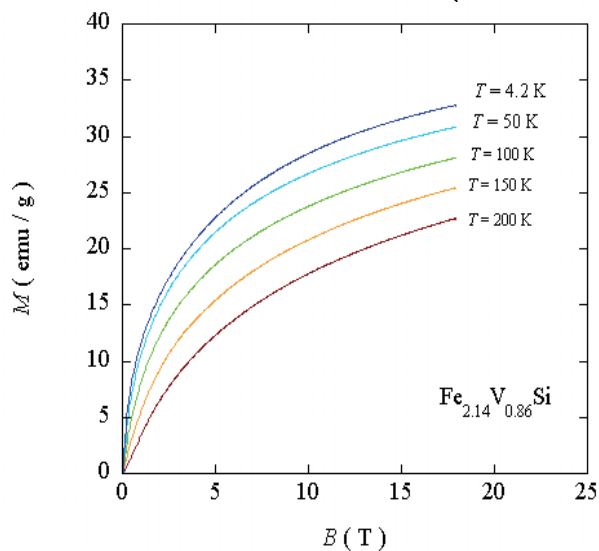


Fig. 4. Magnetization curves for  $\text{Fe}_{2.14}\text{V}_{0.86}\text{Si}$  at various temperatures.

Fig. 4は  $\text{Fe}_{2.14}\text{V}_{0.86}\text{Si}$  の種々の温度における強磁場磁化曲線である。これら磁化曲線をアロットプロット解析すると、測定した全ての温度で同試料は自発磁化を持っていない。

#### 4. まとめ

$\text{Fe}_{3-x}\text{V}_x\text{Si}$  における巨大磁気抵抗効果の出現はリエントラントスピングラス相とスピングラス相の出現に関係していると推定される。すなわち、スピングラス相に磁場を作用すると、ランダムに向いた Fe 磁気モーメントが磁場方向にそろうことにより磁気散乱が小さくなり、抵抗が急激に減少したと推定される。

#### 参考文献

- [1] K. Endo et.al. J. Phys. Soc. Jpn. 73 (2004) 1944.
- [2] H. Matsuda et.al. J. Phys. Soc. Jpn 75 (2006) 094714.