

Abstract

The investigation of new magnetic compounds of the $R_5(\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x})_4$ family (where R represents a rare-earth) is promoting an increasing interest for their scientific and technological applications, due to their great potentialities as magnetic sensors or materials for magnetorefrigeration. The compounds with $x \gg 0.5$ display a combination of giant magnetocaloric, magnetostrictive and magnetoresistivity effects, because of the strong interplay between the crystal lattice, magnetic moments and electronic fluid.

Here we study the $\text{Tb}_5\text{Si}_2\text{Ge}_2$ compound that presents an incomplete magnetostructural coupling responsible for its magnetocaloric effect, with the magnetic transition occurring first (at 105 K), followed by the structural transition (at 100 K) upon cooling. This compound also exhibits a second-order spin reorientation transition between 40 and 65 K, which originates important magnetocrystalline anisotropy effects.

In this Thesis, it was studied the microscopic origin of the magnetocrystalline anisotropy of the $\text{Tb}_5\text{Si}_2\text{Ge}_2$ compound, its crystalline and magnetic structures and the indirect-exchange interaction responsible for the appearance of ferromagnetism using the mean-field approximation. To study the magnetic anisotropy it was necessary to introduce the crystal field interaction. We studied its effects in two limiting cases: weak and strong interactions. Our numerical results show that magnetic and thermodynamic properties dependent largely on crystal field parameters. Also our numerical results shows that we can predicted the easy direction of magnetization and described the evolution of the crystal field interaction with change on temperature.

Detailed transport and magnetic measurements were performed and compared with the numerical results. The interconnection between microscopic and macroscopic properties (namely the free energy) is also performed, based on a simple phenomenological treatment, based on an approximate model of the magnetic structure of $\text{Tb}_5\text{Si}_2\text{Ge}_2$ at low temperatures.

The obtained results gave a satisfactory description of the main features oh the spin reorientation process.

Resumo

A investigação de novos compostos magnéticos da família $R_5(Si_xGe_{1-x})_4$ (onde R representa um terra-rara), tem suscitado um interesse crescente pelas suas aplicações científicas e tecnológicas, devido às suas grandes potencialidades como por exemplo em sensores magnéticos e materiais para magnetorefrigeração.

Os compostos com $x \gg 0.5$ apresentam uma combinação de efeitos magnetocalóricos, magnetostrictivos e magnetorresistivos gigantes, devidos às fortes interações da rede cristalina, dos momentos magnéticos e do fluido electrónico.

O composto em estudo é o $Tb_5Si_2Ge_2$, que apresenta um acoplamento magneto-estrutural incompleto responsável pelo efeito magnetocalórico, ocorrendo primeiro a transição magnética (a 105 K) seguida da transição estrutural (a 100 K), em arrefecimento. Este composto apresenta também uma transição magnética do tipo reorientação de spin de segunda ordem entre 40 e 65 K, que origina importantes efeitos de anisotropia magnetocristalina.

Nesta tese de dissertação estudou-se a origem microscópica da anisotropia magnetocristalina do $Tb_5Si_2Ge_2$ descrevendo-se a sua estrutura cristalina e magnética, assim como a interacção de troca indirecta responsável pelo aparecimento do ferromagnetismo usando uma aproximação de campo médio. Para o estudo da anisotropia magnética foi necessário introduzir a interacção do campo de cristal. Nós estudamos o seu efeito em dois casos limites: interacção fraca e interacção forte. Os nossos resultados numéricos mostram que as propriedades magnéticas e termodinâmicas dependem largamente dos parâmetros do campo de cristal. Os resultados numéricos podem também prever a direcção do eixo fácil da magnetização e descrever a evolução da interacção do campo de cristal com a alteração da temperatura.

Um estudo detalhado das propriedades magnéticas e de transporte foi também realizado comparando-se posteriormente com os resultados numéricos. A interconexão entre propriedades microscópicas e macroscópicas foram feitas, baseado num tratamento fenomenológico onde se construí um modelo aproximado da estrutura magnética do $Tb_5Si_2Ge_2$.

Os resultados obtidos dão-nos uma satisfatória descrição dos principais processos das transições de reorientação de spin.