

PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DOS MONOCRISTAIS DE $Gd_{1-x}Er_xB_4$ ($x = 0; 0,2; 0,4$)

Kamila Ferreira da Silva¹, Sueli Hatsumi Masunaga²
^{1,2} Departamento de Física, Centro Universitário FEI
 s.kamilaferreira@gmail.com, smasunaga@fei.edu.br

Resumo: O composto GdB_4 apresenta propriedades magnéticas importantes para o ramo científico. A substituição parcial de Gd por Er nesse composto consistiu em mudanças em suas propriedades magnéticas. A série $Gd_{1-x}Er_xB_4$ foi estudada via medidas de magnetização, calor específico e difração de raios X. No estudo, foram determinados a temperatura de transição de Néel, a temperatura de Curie-Weiss, e os momentos magnéticos efetivos das amostras.

1. Introdução

O presente estudo é desempenhado na área de física da matéria condensada, analisando as propriedades físicas dos monocristais da série de $Gd_{1-x}Er_xB_4$ ($x = 0; 0,2$ e $0,4$). Portanto, a análise será realizada em sólidos cristalinos que possuem um arranjo periódico e repetido dos átomos em que os monocristais de GdB_4 sofreram substituição parcial de Gd por Er, permitindo controlar e modificar suas características elétricas e magnéticas. Através dessa substituição, algumas fases magnéticas exóticas se manifestam nesses cristais, o que tornam esses materiais interessantes do ponto de vista científico. De modo geral, as amostras foram caracterizadas por meio de medidas de difração de raios X, calor específico e magnetização, sendo este último a ênfase do estudo. O GdB_4 apresenta ordem antiferromagnética em 42 K, cujos spins se orientam perpendicularmente ao eixo c . Sua estrutura cristalina é a tetragonal e pertencente ao grupo espacial $P4/mbm$. Apesar de muitos estudos voltados às propriedades físicas desse composto na literatura, as origens de algumas anomalias em seu comportamento ainda estão em aberto. [1] Inicialmente, a estrutura magnética do GdB_4 foi determinada como sendo colinear, entretanto, Brown et al., encontrou irregularidades no plano ab , propondo a não colinearidade, ou seja, os momentos magnéticos associados aos íons individuais do cristal não são alinhados ao longo do mesmo eixo. [2] A origem da não colinearidade e da anisotropia ainda não foi estabelecida e nem justificada. De acordo com Kikkawa et al., as propriedades do GdB_4 dependem fortemente da temperatura em que é submetido, por exemplo, a ordem magnética pode ser alterada com a variação da temperatura. [3] Além disso, uma substituição parcial do Gd por outro elemento de terra rara à sua estrutura muda seu comportamento, por exemplo, o valor da temperatura Néel, que é um parâmetro importante para um composto antiferromagnético. No estudo presente, o elemento aplicado será o érbio (Er), no qual serão analisadas e estudadas as modificações das propriedades físicas decorrentes dessa aplicação.

2. Metodologia

Caracterização por difração de raios x: todas as amostras oriundas da fórmula $Gd_{1-x}Er_xB_4$ ($x = 0; 0,2; 0,4$) foram caracterizadas por meio da difração de raios X, com o intuito de verificar a fase formada. As amostras em forma de pó foram caracterizadas utilizando um difratômetro XRD 7000 - Shimadzu Corporatio, disponível no Centro Universitário FEI, no intervalo angular de $20 \leq 2\theta \leq 100^\circ$ e com passo de $0,05^\circ$.

Medidas de Magnetização: os dados de magnetização foram obtidos no PPMS, “Physical Property Measurement System”, da Quantum Design, na opção magnetômetro, com a colaboração do Instituto de Física da USP, no qual as amostras foram expostas a campos de até 90 kOe e no intervalo de temperatura entre $5 \leq T \leq 300$ K.

Caracterização via calor específico: as análises térmicas de calor específico também foram realizadas por meio do sistema PPMS, equipamento pertencente ao IFUSP.

3. resultados

Os diagramas de difração de raios X (DRX) foram obtidos para todos os cristais da série $Gd_{1-x}Er_xB_4$ ($x = 0; 0,2$ e $0,4$). Com o objetivo de analisar a difusão de érbio, as reflexões de Bragg foram estudadas qualitativamente. É possível observar diante de uma análise cuidadosa do diagrama exibido na Figura I, uma mudança sistemática da reflexão com o aumento de Er, onde é claramente visualizado o deslocamento dos picos para direita e a diminuição da intensidade. Isto aponta que o volume da célula unitária sofre sistemática diminuição ao longo da série.

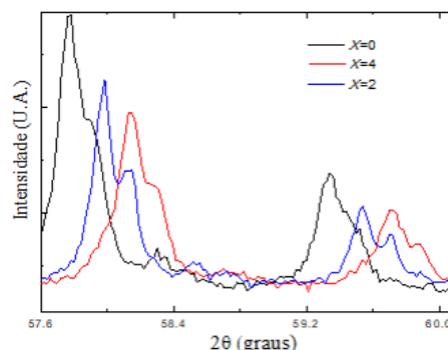


Figura I – Difração de raios X para a série $Gd_{1-x}Er_xB_4$ ($x = 0; 0,2$ e $0,4$). Fonte: Autora.

Os monocristais GdB_4 , $Gd_{0,6}Er_{0,4}B_4$ e $Gd_{0,8}Er_{0,2}B_4$ foram submetidos ao processo de magnetização como função da temperatura. A partir desse procedimento, foi obtida a temperatura de Curie Weiss (Θ_{CW}) e o momento

magnético efetivo (μ_{ef}) de acordo com o campo aplicado, representado na tabela I, II e III respectivamente.

Tabela I – Temperatura de Curie-Weiss e momento magnético efetivo em distintos campos magnéticos do GdB_4 nas direções [110], [100] e [001]. Fonte: Autora.

Direção	H (Oe)	μ_{ef} (μ_B)	Θ_{CW} (K)
[110]	50000	7,9	-64,4
[100]	500	8	-69,6
[001]	50	8	-73,7

Tabela II – Temperatura de Curie-Weiss e momento magnético efetivo em distintos campos magnéticos aplicados ao longo do eixo [001] para o $Gd_{0,6}Er_{0,4}B_4$. Fonte: Autora.

H (Oe)	μ_{ef} (μ_B)	Θ_{CW} (K)
10	8,2	-11,4
25	8,4	-13,6
750	8,2	-11,9
1000	8,3	-11,5
5000	8,2	-10,5

Tabela III- - Temperatura de Curie-Weiss e momento magnético efetivo em distintos campos magnéticos aplicados ao longo do eixo [001] para o $Gd_{0,8}Er_{0,2}B_4$. Fonte: Autora.

H (Oe)	μ_{ef} (μ_B)	Θ_{CW} (K)
10	8,3	-38,4
25	8,1	-34,3
100	8,1	-31,6
1000	8,1	-29,8
10000	8,3	-37,8

A figura II ilustra o comportamento da suscetibilidade magnética (χ) em função da temperatura para os monocristais de $Gd_{1-x}Er_xB_4$ ($x = 0; 0,2$ e $0,4$).

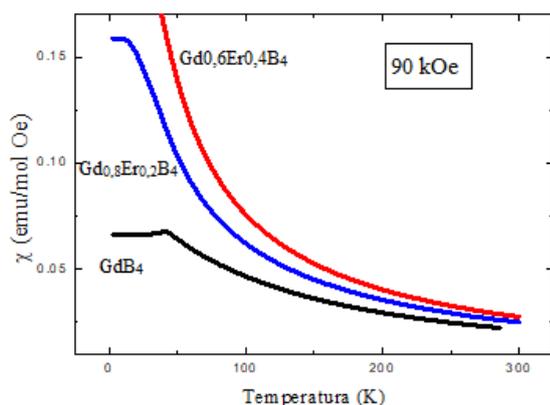


Figura II– Curvas $\chi(T)$ do GdB_4 , $Gd_{0,8}Er_{0,2}B_4$ e $Gd_{0,6}Er_{0,4}B_4$ ao longo do eixo [001]. Fonte: Autora.

Houve formação de curva de histerese ao analisar os cristais dopados com érbio, fenômeno este que não ocorre em materiais antiferromagnéticos. O grau da histerese determina o quão dificultoso será a

desmagnetização de um material, de modo que essa relação é diretamente proporcional. Dentro do fenômeno da histerese, foram determinados e analisados os campos coercivos (H_C^+/H_C^-) e as magnetizações remanentes (M_R^+/M_R^-). A figura III ilustra o fenômeno citado.

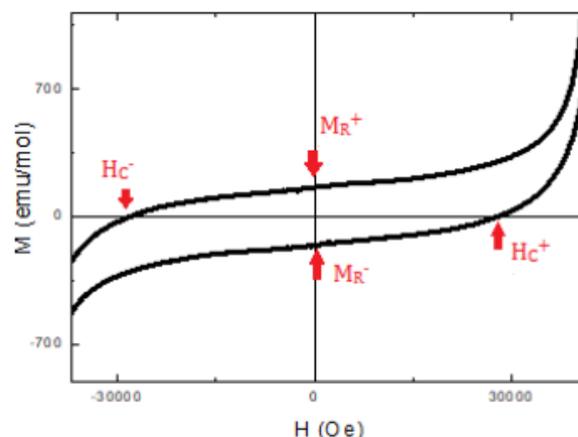


Figura III- Ciclo de histerese obtido em 4 K: indicações do campo coercivo e magnetização remanente do $Gd_{0,8}Er_{0,2}B_4$. Fonte: Autora.

A temperatura de Néel T_N obtida através da caracterização via calor específico, demarca a transição das amostras da fase antiferromagnética para a paramagnética.

4. Conclusões

As medidas de magnetização em função da temperatura e do campo aplicado, as difrações de raios X e caracterização via calor específico, foram realizadas. Com os dados obtidos, realizou-se diversas análises que mostram propriedades magnéticas interessantes e, tais dados comprovam a substituição de Gd por Er, pois houve alteração da temperatura de Curie Weiss, temperatura de Néel e mudanças sistemáticas nas reflexões de Bragg. Entretanto, para analisar o comportamento magnético da série de $Gd_{1-x}Er_xB_4$ ($x = 0; 0,2$ e $0,4$) por completo, serão necessárias outras análises, para obter-se melhor entendimento das propriedades.

5. Referências

- [1] CHO, B. K. et al. Anomalous magnetoresistance at low temperatures ($T \leq 10$ K) in a single crystal of GdB_4 . Journal of applied physics, v. 97, n. 10, p. 10A923, 2005.
- [2] BROWN, P. J. et al. Experimental evidence of noncollinear magnetism in gadolinium tetraboride. Physical Review Materials, 052407. 2005.
- [3] KIKKWA, A. et al. Magnetization Process in GdB_4 . Journal of the Physics Society of Japan, v. 76, n. 2, p. 024711. Fev. 2007.

Agradecimentos

Ao universitário FEI e ao Instituto de Física da USP, pela realização das medidas e empréstimo de equipamentos.

¹ A Aluna de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 02/19 a 02/20.

² Orientadora por todo auxílio prestado.