

CARACTERIZAÇÃO E ANOMALIAS DO SISTEMA MONOCRISTALINO $Gd_{1-x}R_xB_4$ ($R=Y, Er$)

Thales William de Lima¹, Renato Figueiredo Jardim², Sueli Hatsumi Masunaga³

^{1,3} Departamento de Física, Centro Universitário FEI

² Departamento de Física da Matéria Condensada, Instituto de Física da USP

uniethlima@fei.edu.br

smasunaga@fei.edu.br

Resumo: Os principais objetivos desse trabalho são a caracterização estrutural, elétrica, magnética e térmica via difração de raios X (DRX), resistividade como função da temperatura ($R \times T$), magnetização como função da temperatura ($M \times T$) e como função do campo magnético aplicado ($M \times H$) e calor específico como função da temperatura ($C_p \times T$) e procurar entender algumas anomalias que aparecem no sistema às baixas temperaturas.

1. Introdução

Materiais monocristalinos são muito estudados pela comunidade científica, pois estes possuem arranjo atômico tridimensional ordenado por toda sua estrutura, facilitando diversos tipos de análises. Existem diversas classificações para estruturas cristalinas, as mais conhecidas são as cúbicas de corpo centrado (CCC) e cúbicas de face centrada (CFC), o material deste projeto possui estrutura tetragonal simples.

O sistema geometricamente frustrado $Gd_{1-x}R_xB_4$ ($R=Y, Er$), onde $x=(0;0,2$ e $0,4)$, vem sendo vastamente estudado devido à possibilidade de serem encontrados novos estados eletrônicos e magnéticos graças as trocas de interações na perturbação do sistema. Esse sistema também possui diversas transições às baixas temperaturas, algumas dessas ainda não totalmente compreendidas.

2. Metodologia

As amostras dos monocristais foram preparadas previamente no IFUSP utilizando Al como fluxo e os cristais com as faces mais largas foram selecionados para as medidas magnéticas, térmicas e elétricas na direção cristalina [110] e [001]. Na difração de raios X foram utilizados cristais pulverizados com almofariz de pistilo de ágata para obter mais reflexões em diferentes planos cristalográficos, utilizando o difratômetro XRD 7000 – Shimadzu Corporation no intervalo angular de $10^\circ \leq 2\theta \leq 80^\circ$ e passo de $0,05^\circ$. Os dados das medidas elétricas foram obtidos a partir do método das quatro pontas no equipamento chamado dedo frio, de 300 K até 10 K. As medidas magnéticas e térmicas foram obtidas no PPMS da Quantum Design, em temperaturas de 300 K até 2 K com campo magnético aplicado H entre -90 kOe e +90 kOe e 100 K até 2 K sem campo magnético aplicado, respectivamente.

3. Resultados e Discussões

Nas medidas de DRX, exibidas nas Figura 1 e Figura 2, foi possível constatar a fase única dos cristais

e também a mudança na célula unitária com a dopagem de Y e Er, cujo a mesma diminui com o aumento da concentração de dopantes.

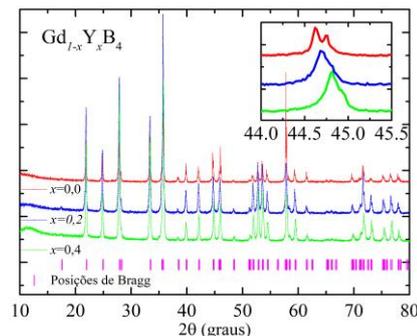


Figura 1: Gráfico de DRX para o sistema com Y.

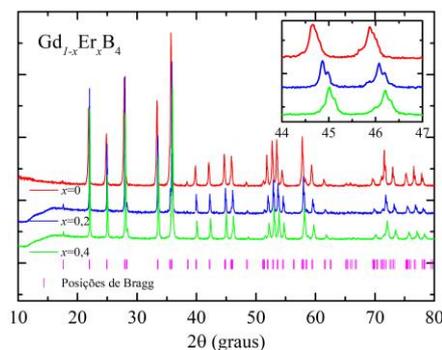


Figura 2: Gráfico de DRX para o sistema com Er.

Nas análises de $R \times T$ (Figura 3) e de $C_p \times T$ (Figura 4), foi possível observar a temperatura de transição antiferromagnética (T_N) para todas as concentrações de dopantes (indicadas pelas setas nas figuras), notando que com o aumento dessas concentrações T_N diminui. Nas medidas de $R \times T$ são exibidas apenas as curvas no sistema com Y.

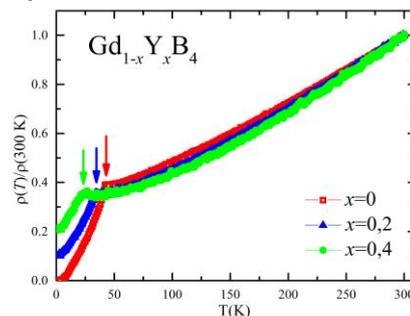


Figura 3: Curvas de $R \times T$ do sistema com Y.

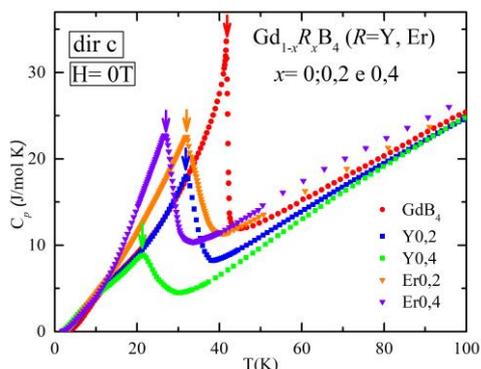


Figura 4: Curvas de $C_p \times T$ do sistema com Y e Er.

Os dados de $M \times T$ também mostram a temperatura de transição antiferromagnética, como nas análises anteriores, sendo mostrados nas Figura 5 e Figura 6 apenas os dados de $M \times H$ na temperatura fixada em ~ 2 K nas direções [110] para o Y e [001] (c) para o Er.

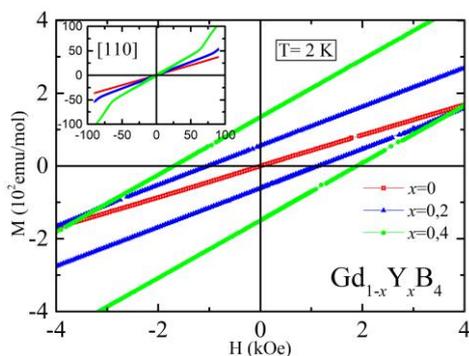


Figura 5: Curvas de $M \times H$ do sistema com Y.

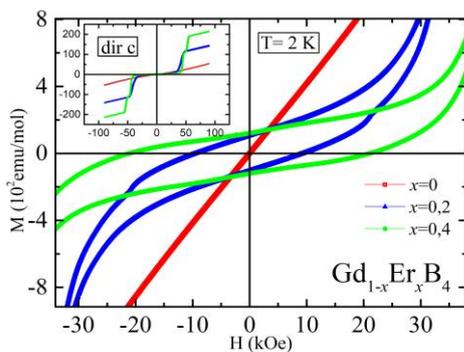


Figura 6: Curvas de $M \times H$ do sistema com Er.

Para as amostras com Y e Er, é notado o surgimento de uma componente ferromagnética nas direções cristalográficas indicadas nas figuras, abaixo da transição antiferromagnética (característica que se mantém para o GdB_4). Isso pode se dar devido à formação de domínios magnéticos resultantes na estrutura do material devido a introdução de outros compostos, sendo curioso o fato do Y ser um íon não magnético e o composto ErB_4 também ser antiferromagnético. É notável também a diferença da ordem da magnetização remanescente do Y para o Er,

cerca de 10x maior para ambas as concentrações de dopantes.

4. Conclusões

No presente projeto, foram aplicadas diferentes metodologias científicas para diversos tipos de caracterização do sistema $Gd_{1-x}R_xB_4$ ($R= Y, Er$) ($x=0; 0,2$ e $0,4$), que possibilitam melhor entendimento do material. Observou-se nas medidas de DRX que o composto possuía fase única e o comportamento da célula cristalina na dopagem com Y e Er, nas medidas de $C_p \times T$ e $R \times T$ constatou-se T_N esperada para o composto e como ela varia na substituição parcial e, por fim, os dados de $M \times T$ exibiram a curiosa componente ferromagnética nas direções cristalográficas [110] e [001] que aparece para temperaturas abaixo da transição antiferromagnética. Essas análises mostram-se satisfatórias, dentro do esperado para o comportamento e são de grande importância para o estudo desse sistema, pois materiais antiferromagnéticos podem servir como grandes aliados para aplicação em componentes spintrônicos já que estes poderiam agir de forma a proteger o componente de campos magnéticos externos.

5. Referências

- [1] BALTZ, V. et al. Antiferromagnetic spintronics. **Reviews of Modern Physics**, v. 90, n. 1, p. 015005, 2018.
- [2] CALLISTER, William D. et al. **Materials science and engineering: an introduction**. New York: John wiley & sons, 2007.
- [3] CARLIN, Richard L. **Magnetochemistry**. Springer Science & Business Media, 2012.
- [4] CHO, B. K. et al. Anomalous magnetoresistance at low temperatures ($T \leq 10$ K) in a single crystal of $Gd B_4$. **Journal of applied physics**, v. 97, n. 10, p. 10A923, 2005.
- [5] GARLAND, Maria Teresa et al. The X-ray and electronic structures of GdB_4 . **Solid state sciences**, v. 5, n. 5, p. 705-710, 2003.
- [6] MASUNAGA, S. H. et al. Anomalous remnant magnetization in dilute antiferromagnetic $Gd_{1-x}Y_xB_4$. **Physical Review Materials**, v. 2, n. 8, p. 084415, 2018.
- [7] FISK, Z. et al. Multiple phase transitions in rare earth tetraborides at low temperature. **Solid State Communications**, v. 39, n. 11, p. 1189-1192, 1981.

Agradecimentos

Às instituições Centro Universitário FEI e Instituto de Física da USP pela realização das medidas e empréstimo de equipamentos. Também à Prof^a. Dr^a. Sueli Hatsumi Masunaga por todo aprendizado, apoio e presença.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI (ou FAPESP, CNPq ou outra). Projeto com vigência de 08/18 a 07/19.