

**Estudo da Magnetoimpedância em
 $\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$ e $\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$**

Dissertação apresentada

por

Gustavo Montgomery Bonfim Castro

ao

Departamento de Física da Universidade Federal de
Pernambuco

como parte dos requisitos para obtenção do grau de

Mestre em Física

Orientador: **Fernando Luis de Araújo Machado**

Recife, Pernambuco

Abril 2003

Dedicatória

Dedico esta dissertação a minha mãe

Noêmea Rodrigues Bonfim Castro

Sumário

1	Introdução	1
2	Manganitas	3
2.1	Introdução	3
2.2	Estrutura das Manganitas	4
2.3	Progressos Teóricos	10
2.4	Métodos de Preparação de Manganitas	16
3	Técnicas Experimentais	19
3.1	Criostato de nitrogênio/ar líquido	19
3.2	Criostato de hélio líquido	21
3.3	Medidas de Resistividade Elétrica dc e ac	22
3.4	Amostras utilizadas no trabalho	24
4	Resultados	25
4.1	$\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	26
4.1.1	Medidas de resistividade elétrica dc	26
4.1.2	Medidas de resistividade elétrica ac	27
4.2	$\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	32
4.2.1	Medidas de resistividade elétrica dc	32

4.2.2	Medidas de resistividade elétrica ac	33
5	Discussões	41
6	Conclusões e Perspectivas	44
	Referências Bibliográficas	46

Lista de Figuras

2.1	Estrutura tipo perovskita. No caso das manganitas, a esfera verde representa o manganês, as vermelhas o oxigênio e as cinzas os metais.	4
2.2	Fator de tolerância em função da temperatura para várias composições de manganitas. Após Hwang <i>et al</i>	5
2.3	Dados de resistividade elétrica para várias proporções de y. Após Tomioka <i>et al</i>	6
2.4	”Splitting” produzido pelo campo elétrico cristalino no orbital 3d sob simetria cúbica, tetragonal e ortorrômbica.	8
2.5	Esquema das estruturas magnéticas de $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{MnO}_3$. Após Wollan e Koeller.	9
2.6	Diagrama de fase magnético para o sistema $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{MnO}_3$. Após Schiffer <i>et al</i>	10
2.7	Diagrama da técnica usada por Jonker e Van Santem.	16
2.8	Tecnologia Sol-Gel.	18
3.1	Diagrama do sistema tipo dedo-frio usado em medidas de magneto-transporte a campos baixos.	20
3.2	Diagrama simplificado do criostato.	21

3.3	Diagrama da montagem experimental para medidas de magnetoimpedância.	23
4.1	Resistividade elétrica dc vs. temperatura e CMR em $\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	26
4.2	Módulo da resistividade elétrica ac vs. temperatura em $\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$ para várias frequências a campo magnético nulo e a 6 T.	27
4.3	Magnetoimpedância vs. T, calculada com relação a um campo magnético de 6 T, para várias frequências em $\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	28
4.4	$\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$. Parte real da resistividade elétrica a campo magnético nulo e a 6 T.	29
4.5	$\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$. Parte imaginária da resistividade elétrica a campo magnético nulo e a 6 T.	30
4.6	MR e MI vs. campo magnético.	31
4.7	Resistividade elétrica dc a campo magnético nulo e a 6 T na amostra $\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	32
4.8	$\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$: Módulo da resistividade elétrica ac vs. temperatura para campo magnético nulo e campo magnético de 6 T.	33
4.9	Separação entre os pontos de máximo da resistividade elétrica ac em $\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	34
4.10	Magnetoimpedância vs. temperatura, calculada em relação a 6 T, em $\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	35
4.11	$\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$. Módulo da resistividade elétrica ac vs. temperatura em 3 MHz para diversos valores de campo (a) e magnetoimpedância vs. temperatura para vários valores de campo (b). As linhas contínuas servem apenas de guia para os olhos.	36

4.12	$\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$. Parte real resistividade elétrica ac vs. temperatura em 3 MHz para diversos valores de campo(a). Parte imaginária (b).	37
4.13	Parte real da resistividade elétrica a campo nulo e a 6 T na amostra $\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	38
4.14	Parte imaginária da resistividade elétrica a campo nulo e a 6 T na amostra $\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	39
4.15	Magnetoimpedância vs. campo em $\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	40
5.1	Histerese na magnetoimpedância.	43
6.1	Resistividade elétrica dc a campo nulo, na amostra $\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	45

Agradecimentos

Ao Deus eterno, imortal, invisível, mas real.

Ao Prof. Fernando Machado pela orientação com entusiasmo e dedicação. Ao Prof. Alexandre Ricalde pela colaboração, principalmente na parte instrumental de baixas temperaturas. A Alberto Einstein pelo apoio, encorajamento e motivação. Aos professores da UFPI pelo conhecimento transmitido e por me incentivarem a seguir na carreira acadêmica. A todos os professores e funcionários do DF, especialmente a Ana, secretária da pós-graduação, pela grande competência. Ao pessoal da manutenção, oficina mecânica, oficina eletrônica, a Evert e Normando por trabalharem com dedicação para, entre outras coisas, nos fornecer hélio e nitrogênio líquido. A todos os colegas do departamento. Aos colegas do grupo de pesquisa, principalmente a Daniel pela ajuda com LabView, e Tércio pela ajuda na parte de eletrônica. A minha família que sempre me ajudou em todos os momentos. A Janete pela grande amizade e consideração. A Lúcio e Patrícia por acompanharem de perto as dificuldades pelas quais passei nesses dois anos. Ao Prof. Renato Jardim pela amostra de $\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$ e ao Prof. Nigam pela amostra de $\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$. Ao CNPq e CTPETRO pelo apoio financeiro.

Resumo

No presente estudo, desenvolvemos técnicas de magnetoimpedanciometria, utilizando detecção lock-in em altas frequências. Essas técnicas foram usadas para investigar as manganitas $\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$ e $\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$. As medidas foram feitas na faixa de temperatura (T) de 50 a 300 K e em campos magnéticos (H) de até 6 T, usando corrente dc e ac no intervalo de frequência (f) de 100 kHz a 3 MHz. A partir das medidas com corrente dc, obtivemos as temperaturas de transição metal-insolante (T_P): 260 K e 167,5 K, para a amostra sem e com Y, respectivamente. A magnetorresistência (MR) máxima ocorre em T_P e atinge 83% para a amostra sem Y e 91% para a amostra com Y.

As medidas ac permitiram investigar tanto a parte real (resistiva) quanto a imaginária (reatância) da impedância. Nesse regime, observamos que em temperaturas muito abaixo e muito acima de T_P , a contribuição dominante para a impedância é resistiva, enquanto que para temperaturas próximas a T_P , a parte imaginária é não desprezível e fortemente dependente de f. A parte real da impedância apresenta um estrutura de dois picos à medida que a frequência da corrente ac é aumentada. Este fenômeno é mais pronunciado na amostra com Y. Para a amostra sem Y a magnetoimpedância (MI) máxima ocorre próximo a T_P e atinge 43% enquanto que na amostra com Y a MI máxima ocorre bem abaixo de T_P e atinge 81%. Observamos ainda uma histerese em baixos campos na amostra $\text{La}_{0,6}\text{Y}_{0,1}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$.

Abstract

In the present work, we report high frequency lock-in detection techniques. The techniques were used to investigate $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ and $\text{La}_{0.6}\text{Y}_{0.1}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ manganites. The measurements were carried out at temperatures ranging from 50 to 300 K, and for applied magnetic fields up to 6 T, using both dc and ac currents. The frequency f of the ac current was varied from 100 kHz to 3.0 MHz. The metal-insulator transition temperatures obtained were 260 and 167.5 K and the maxima magnetoresistance (MR) were 83% and 91% for the samples with and without Y, respectively.

The ac data allowed us to investigate both the real and the out-of-phase components. For temperatures far from T_P , the impedance is mostly resistive while the out-of-phase component becomes significantly larger near T_P . The real component of impedance shows a double peak structure for high frequencies. This effect is more evident for the sample with Y. Near T_P we also found that the magnetoimpedance is maximum for the sample without Y, while for the other one the maximum is below T_P and shows strong f -dependence. The low-field data show a hysteresis only in the $\text{La}_{0.6}\text{Y}_{0.1}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ sample suggesting that Y induce a random anisotropy.