

# 钙钛矿锰氧化物 $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{M}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_3$ ( $M = \text{Cr}, \text{Fe}$ ) 的巨磁电阻效应与磁性\*

李宝河<sup>1)3)</sup> 鲜于文旭<sup>2)</sup> 万欣<sup>1)</sup> 张健<sup>3)</sup> 沈保根<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>北京工商大学数理部,北京 100037)

<sup>2)</sup>吉林大学物理系,长春 120023)

<sup>3)</sup>中国科学院物理研究所磁学国家重点实验室,北京 100080)

(1999 年 9 月 23 日收到;1999 年 10 月 16 日收到修改稿)

研究了溶胶-凝胶法制备氧化物巨磁电阻材料的工艺,制备了  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Cr}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_3$  ( $x = 0, 0.10, 0.15$ ) 和  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_3$  ( $x = 0.05, 0.10, 0.16$ ) 两系列的单相钙钛矿锰氧化物多晶样品,并研究了 Cr, Fe 替代  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  中部分 Mn 后对其结构、磁性和巨磁电阻性质的影响.观察到  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Cr}_{0.15}\text{Mn}_{0.85}\text{O}_3$  和  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Fe}_{0.05}\text{Mn}_{0.95}\text{O}_3$  两个样品的电阻-温度曲线都出现了双峰.定性讨论了可能产生双峰的机制.随 Cr (或 Fe) 替代量的增加,材料的居里温度很快下降,铁磁性减弱,导电性降低,巨磁电阻效应增强.但与 Fe 掺杂相比,相同数量的 Cr 掺杂对材料的影响要小.

关键词:巨磁电阻效应,溶胶-凝胶工艺,电阻-温度曲线,金属绝缘体转变

PACC: 7590

## 1 引 言

1988 年, Fert 研究小组发现 Fe/Cr 金属多层膜有巨大的负磁电阻效应,称之为巨磁电阻(giant magnetoresistance 缩写为 GMR)效应<sup>[1]</sup>,引起了研究磁电阻效应的兴趣.此后相继报道了各种磁性与非磁性金属构成的金属多层膜巨磁电阻材料.1994 年 Jin 等人报道了钙钛矿型 Mn 氧化物薄膜具有很大巨磁电阻效应,并称其为 colossal magnetoresistance (CMR)效应<sup>[2]</sup>.  $\text{ABO}_3$  钙钛矿型 Mn 氧化物  $\text{A}_{1-y}\text{A}'_y\text{Mn}_{1-y}^{3+}\text{Mn}_y^{4+}\text{O}_3$  ( $A =$  稀土元素 La, Nd, Pr 等,  $A' =$  Ca, Sr, Ba, Pb 等二价金属)随  $y$  的增加,材料由绝缘态向金属态过渡,而且磁性也由反铁磁性向铁磁性转变.在铁磁居里温度( $T_C$ )附近材料有显著的巨磁电阻效应,用双交换理论能很好地解释这种现象<sup>[3]</sup>.由于钙钛矿型 Mn 氧化物具有巨大的应用前景和基础研究价值,近年来成为人们普遍关注的研究热点.在钙钛矿结构锰氧化物中 Mn 位被

其他金属替代的研究报道较少<sup>[4-7]</sup>.本文报道 Cr, Fe 掺杂对  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  体系的磁性、电阻-温度关系和巨磁电阻效应的影响.

## 2 样品的制备与测试

### 2.1 溶胶-凝胶法工艺流程

图 1 给出溶胶-凝胶法制备 Mn 氧化物巨磁电阻的工艺流程图,制备样品的具体步骤如下:

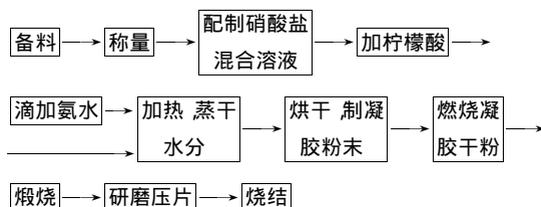


图 1 溶胶-凝胶法制备样品的工艺流程图

### 1) 备料

溶胶-凝胶法所需原料均为硝酸盐.有的硝酸盐

\* 国家自然科学基金(批准号:59525101)资助的课题.

不能直接得到,就用它的氧化物溶于稀硝酸得到.所用原料及溶剂列于表 1.有的硝酸盐易潮解,使用前预先除去里面的水分.但注意不要损失硝酸盐本身带的结晶水.

表 1 原料及所需溶剂规格

名称	分子式	分子量	级别	纯度
硝酸铈	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	211.63	AR	>99.5%
硝酸铁	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	404.00	AR	>98.5%
硝酸铬	$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	400.15	CP	>98%
硝酸锰溶液	$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ (50%)	178.95	AR	-
氧化镧	$\text{La}_2\text{O}_3$	325.84	-	99.99%
硝酸	$\text{HNO}_3$ (65%—68%)	63.01	AR	-
柠檬酸	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$	210.14	AR	>99.8%
去离子水	$\text{H}_2\text{O}$	-	-	-
氨水	$\text{NH}_4\text{OH}$ (25%—28%)	35.05	AR	-

## 2) 硝酸盐混合溶液的配制

首先按所合成的化合物中所含的金属离子比例计算需要的各种硝酸盐的质量,然后用万分之一的电光分析天平称取原料.用去离子水溶解各硝酸盐,配制成混合溶液.控制溶液的起始浓度在 5%—10%.

## 3) 加入柠檬酸 滴氨水 蒸干水分

首先按照混合溶液中金属离子总摩尔数与柠檬酸分子摩尔数之比为 1:1.1 配制柠檬酸与硝酸盐混合溶液,然后微加热使柠檬酸全部溶解,形成金属络合物.通过逐滴加入氨水并同时检测溶液的 pH 值,使溶液的 pH=6—7.将配制好的混合溶液在控温电炉上蒸干水分.蒸干的过程中用电动可调速搅拌器搅拌,液体温度控制在 323—343 K.为了加快水分的蒸发,用 800 W 的电热吹风机向液体表面吹风.处理过程中液体逐渐变稠,先形成溶胶,然后全部形成凝胶.将凝胶从烧杯中取出,在真空烘箱中烘干 (323—353 K),制成凝胶干粉.

## 4) 凝胶干粉的燃烧和煅烧

将上步得到的凝胶干粉放在瓷蒸发皿里置于电炉上燃烧.为了使燃烧充分需将燃烧后的余烬放入瓷坩埚中,在马弗炉内 973 K 煅烧 2 h.这样处理后得到黑色的氧化物微粉,基本上就是所要合成的单相氧化物材料.

## 5) 研磨、压片、烧结

用玛瑙研钵将马弗炉煅烧后的黑粉研磨 30 min.称量 0.5 g 一份,在压片机上用硬质钢模具压制成  $\phi = 10$  mm,厚为 2 mm 的圆片状样品.样品需要放在刚玉坩埚里(用  $\text{Al}_2\text{O}_3$  粉包裹)在硅碳管发热

体管式炉内烧结.烧结条件为空气环境下 1473 K 烧结 24 h 后随炉自然冷却至室温.样品在测量之前要打磨掉表面.

## 2.2 结构和性能测试

样品结构的测定是用 X 射线衍射分析方法,用 Rigaku D/max- $\gamma$ A (CuK $\alpha$  靶) 转靶 X 射线衍射仪,利用 DICV92 程序进行结构分析.

电阻的测量是通过四端引线法,在 77—350 K 温度范围内测量样品的电阻和加外磁场时的电阻.

利用振动样品磁强计,在 77—350 K 测量了样品磁化强度随温度的变化,并获得样品铁磁居里温度.利用 SQUID 测量了样品的低温磁特性.

## 3 实验结果与讨论

利用上述溶胶-凝胶工艺制备了  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Cr}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_3$  ( $x = 0, 0.10, 0.15$ ) 样品和  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_3$  ( $x = 0.05, 0.10, 0.16$ ) 样品.图 2 给出  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ ,  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Cr}_{0.15}\text{Mn}_{0.85}\text{O}_3$ ,  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}$

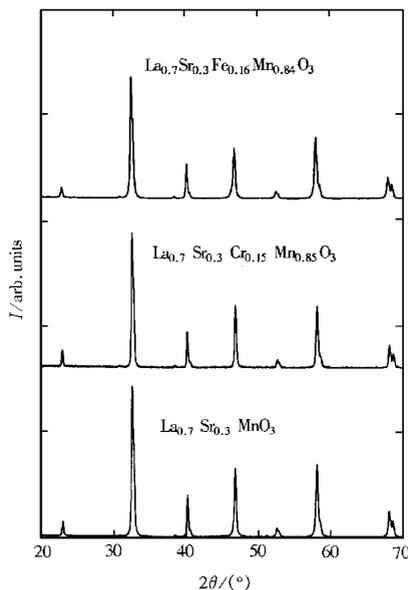


图 2  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Cr}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_3$  ( $x = 0, 0.15$ ) 和  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Fe}_{0.16}\text{Mn}_{0.84}\text{O}_3$  的 X 射线衍射谱 (CuK $\alpha$ )

$\text{Fe}_{0.16}\text{Mn}_{0.84}\text{O}_3$  三个样品的 X 射线衍射谱.图 2 表明,所有样品均为单相样品并且有类钙钛矿结构.用 15% 的 Cr (或 16% 的 Fe) 替代 Mn 后,样品的结构没有发生变化.对慢扫 X 射线衍射谱 ( $2\theta$  从  $20^\circ$  到

140°) 利用 DICV92 程序进行了结构分析. 测量与计算结果表明其为菱面体对称结构(rhombohedral)的单相. 其他样品的 X 射线衍射谱与此相同, 图中未给出.

图 3 给出  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Cr}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_3$  ( $x = 0, 0.10, 0.15$ ),

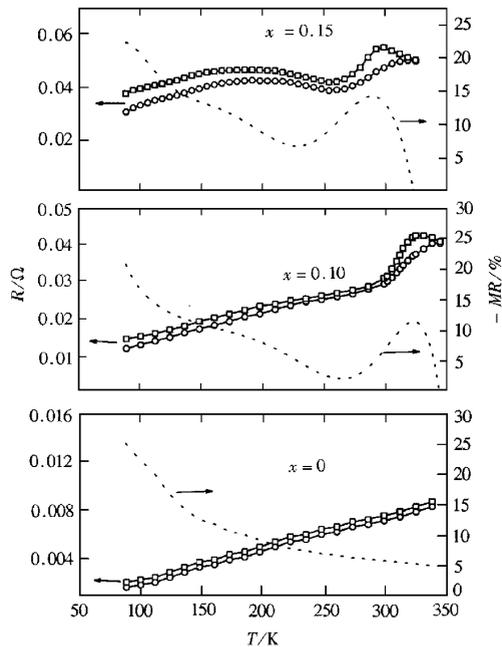


图 3  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Cr}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_3$  ( $x = 0, 0.10, 0.15$ ) 的  $R-T$  曲线 ( $\square: H=0; \circ: H=8 \times 10^5 \text{ A/m}$ ) 和  $MR-T$  曲线

0.15) 样品在未加外磁场和加  $8 \times 10^5 \text{ A/m}$  外磁场后的电阻-温度曲线 ( $R-T$  曲线) 及磁电阻随温度的变化关系 ( $MR-T$  曲线), 其中  $MR = (R(H) - R(0)) / R(H)$ . 当  $x = 0$  时, 样品在 78—350 K 温度范围内  $R-T$  曲线没有出现金属-绝缘体 ( $M-I$ ) 转变峰.  $d\rho/dt > 0$  始终表现为金属行为. 磁电阻的大小随温度的降低逐渐变大, 这是由于随温度的降低, 晶格散射减弱, 外磁场对电子自旋的调制作用增强, 导致磁电阻效应增强. 对于  $x = 0.1$  的样品, 在 78—350 K 温度范围内随温度的降低出现了  $M-I$  转变峰 ( $T_p$ ). 温度低于  $T_p$  后,  $R-T$  曲线开始平缓下降.  $MR-T$  曲线在  $T_p$  附近出现一个峰,  $MR$  的峰值为 12%. 当温度低于 260 K 后, 随温度的降低,  $MR$  值又开始增大, 这与未掺杂样品类似.  $x = 0.15$  的样品  $R-T$  曲线出现双峰  $T_{p1} = 295 \text{ K}$ ,  $T_{p2} = 180 \text{ K}$ . 高温峰  $T_{p1}$  较尖锐, 低温峰  $T_{p2}$  非常宽且峰值非常低.  $MR-T$  曲线在  $T_{p1}$  出现一个峰, 峰值达 15%. 在  $T_{p2}$  附近  $MR$  未出现明显的转折峰, 但曲线斜率有所变化. 由图 3 可

见随  $\text{Cr}$  掺杂量的增加,  $M-I$  转变峰逐渐向低温推移. 加  $8 \times 10^5 \text{ A/m}$  外磁场后, 样品的电阻率下降, 都有较明显的磁电阻效应. 加外磁场后  $R-T$  曲线的  $M-I$  转变峰向高温移动.  $MR-T$  曲线表明, 在高温区的  $M-I$  转变峰  $T_{p1}$  温度附近,  $MR$  有一个极大值. 温度高于  $T_{p1}$  后,  $MR$  值迅速降低, 很快地变为零. 温度低于  $T_{p1}$  时, 随温度的降低,  $MR$  值逐渐增大. 在经过低温  $M-I$  转变峰  $T_{p2}$  时,  $MR$  值增大较平缓. 温度低于  $T_{p2}$  后, 随温度的降低,  $MR$  值又较快地增大.

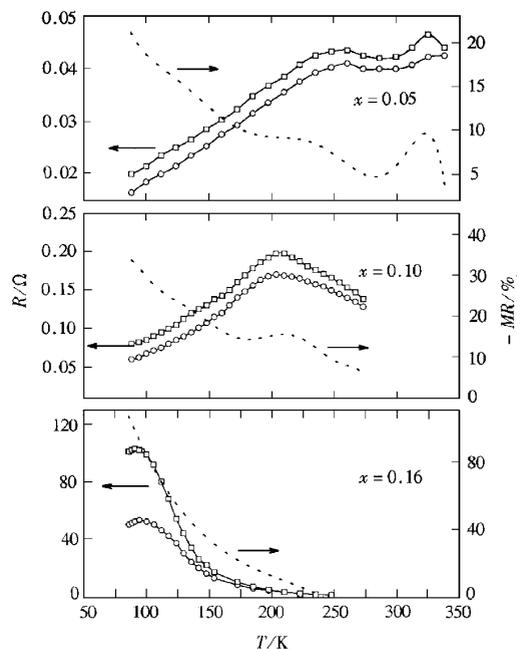


图 4  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_3$  ( $x = 0.05, 0.10, 0.16$ ) 的  $R-T$  曲线 ( $\square: H=0; \circ: H=8 \times 10^5 \text{ A/m}$ ) 和  $MR-T$  曲线

图 4 给出  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_3$  ( $x = 0.05, 0.10, 0.16$ ) 样品在零磁场和  $8 \times 10^5 \text{ A/m}$  外磁场下  $R-T$  曲线和  $MR-T$  曲线. 由图 4 可见, 少量  $\text{Fe}$  替代  $\text{Mn}$  与少量  $\text{Cr}$  替代  $\text{Mn}$  对材料的影响类似, 只是随掺杂量的增加, 样品的  $M-I$  转变峰更快地向低温推移. 5% 的  $\text{Fe}$  替代  $\text{Mn}$  后, 样品的  $R-T$  曲线就出现了双峰. 而当  $\text{Fe}$  掺杂量达到 10% 时, 样品只出现了一个较低温度的峰.

表 2 给出样品的居里温度和  $M-I$  转变温度. 数据表明随掺杂量的增加, 样品的居里温度很快地下降, 铁磁有序度降低, 这是由于具有钙钛矿  $\text{ABO}_3$  结构的  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  的 B 位  $\text{Mn}$  被其他元素替代后, 降低了材料中  $\text{Mn}^{3+}$  (或  $\text{Mn}^{4+}$ ) 的浓度, 减弱了  $\text{Mn}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{4+}$  的双交换作用, 从而导致样品电阻率

升高,铁磁性降低.这与文献 8 报道的 Fe 在 La-Ba-Mn-O 中的掺杂效果类似.

表 2 样品  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{M}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_3$  ( $M = \text{Cr}, \text{Fe}$ ) 的居里温度和  $M-I$  转变温度(单位: K)

样品	$T_c$	$T_{p1}$	$T_{p2}$
$\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$	374	—	—
$\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Cr}_{0.1}\text{Mn}_{0.9}\text{O}_3$	327	320	—
$\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Cr}_{0.15}\text{Mn}_{0.85}\text{O}_3$	304	295	180
$\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Fe}_{0.05}\text{Mn}_{0.95}\text{O}_3$	330	330	260
$\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Fe}_{0.1}\text{Mn}_{0.9}\text{O}_3$	279	—	205
$\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Fe}_{0.16}\text{Mn}_{0.84}\text{O}_3$	175	—	90

注:—表示在 77—350 K 温度范围内未发现.

表 2 表明  $R-T$  曲线出现双峰的样品其高温区域的峰( $T_{p1}$ )与居里温度基本一致,而低温区域的峰( $T_{p2}$ )滞后居里温度很多.由前面讨论知道, $T_{p1}$  峰较尖锐, $T_{p2}$  非常宽化,且在  $T_{p1}$  峰附近  $MR$  也出现一个极值.由此可以看出  $T_{p1}$  是材料由顺磁态向铁磁有序态转变时,电子自旋的排列对材料输运性能的影响直接导致的. $T_{p2}$  不是由铁磁有序的转变直接导致,但随掺杂量的增加,铁磁居里温度的降低, $T_{p2}$  峰也向低温推移,表明  $T_{p2}$  峰的出现与材料的铁磁性的强弱有关.

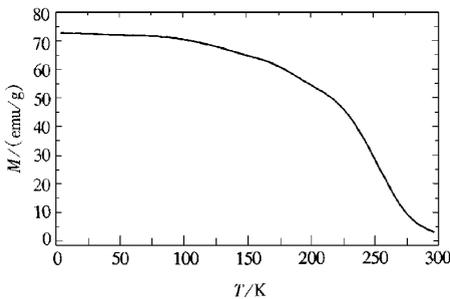


图 5  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Fe}_{0.1}\text{Mn}_{0.9}\text{O}_3$  样品在  $4 \times 10^5 \text{ A/m}$  外磁场下的  $M-T$  曲线

图 5 给出样品  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Fe}_{0.1}\text{Mn}_{0.9}\text{O}_3$  的磁化强度随温度变化曲线( $M-T$  曲线).数据是利用 SQUID 磁强计从液氮温度到室温范围在  $4 \times 10^5 \text{ A/m}$  外磁场下测量的.样品在 4 K 下的饱和磁矩为  $73.15 \text{ emu/g}$ ,转换成单个晶胞内所有磁性离子对磁矩的总贡献为  $2.97 \mu_B$ .与  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  相比,可以发现 Fe 的掺杂减弱了体系的总的磁矩.另外,当温度低于铁磁居里温度后,样品始终表现为铁磁性,磁结构未再发生转变.这也说明了样品低温区的  $M-I$  转变峰( $T_{p2}$ )与磁结构的转变没有直接关系.

从上面的讨论知道,Fe 和 Cr 替代部分 Mn 均导致材料的居里温度下降、电阻率升高和巨磁电阻效应增强,但它们对材料的影响程度不同.与 Cr 相比,随掺杂量的增加,Fe 掺杂样品的居里温度下降更快, $M-I$  转变峰也以更快的速度向低温推移.这说明相同数量的  $\text{Fe}^{3+}$  离子替代  $\text{Mn}^{3+}$  比  $\text{Cr}^{3+}$  离子替代对材料中  $\text{Mn}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{4+}$  间双交换作用的破坏更大.

图 6 给出几种离子的外层电子组态. $\text{Fe}^{3+}$  离子外层电子态为  $3d^5$ ,d 带为半满稳定结构, $t_{2g}$  和  $e_g$  均有电子占据,自旋排列一致,所有电子均为局域电子.Mn 离子和 Fe 离子之间形成不能发生电子跃迁的反铁磁交换耦合. $\text{Cr}^{3+}$  离子外层电子态为  $3d^3$ , $t_{2g}$  有三个电子占据, $e_g$  带为空带,其电子结构与  $\text{Mn}^{4+}$  离子一样.这样  $\text{Mn}^{3+}$  离子的  $e_g$  电子(巡游电子)就可能跃迁到  $\text{Cr}^{3+}$  离子的  $e_g$  轨道, $\text{Cr}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{3+}$  之间容易产生与  $\text{Mn}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{4+}$  之间的双交换作用一样的铁磁性交换耦合.当然,由于  $\text{Cr}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{3+}$  之间发生一次电子跃迁后状态有所改变,成为  $\text{Cr}^{2+}-O-\text{Mn}^{4+}$ ,即不具备  $\text{Mn}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{4+}$  交换对称性.因此  $\text{Cr}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{3+}$  之间铁磁交换作用要比  $\text{Mn}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{4+}$  之间的双交换作用弱,因此 Cr 的掺杂仍然降低了材料的铁磁性.但与 Fe 掺杂相比,Cr 掺杂对材料铁磁性破坏的程度要小得多.

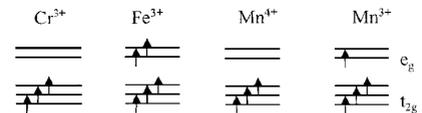


图 6 几种金属离子的电子自旋组态示意图

## 4 结 论

研究了溶胶-凝胶法制备类钙钛矿型稀土 Mn 氧化物的工艺,并制备了 Cr,Fe 掺杂的 LSMO 巨磁电阻材料.研究了 Cr,Fe 掺杂对 LSMO 巨磁电阻的结构、磁性、电输运及磁电阻效应的影响.发现 Cr,Fe 替代 B 位部分 Mn 后,材料的居里温度降低,铁磁性减弱,电阻率升高,巨磁电阻效应增强,并且发现 Cr,Fe 替代量在一定范围内,样品的  $R-T$  曲线都出现了双峰,显示了复杂的输运特性.由于 Cr,Fe 外层电子组态的不同,相同数量的 Fe 掺杂比 Cr 对材

料的影响更大.

- [ 1 ] M. N. Baibich, J. M. Broto, A. Fert *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **61**(1988)2472.
- [ 2 ] S. Jin, T. H. Tiefel, R. A. Fastnacht *et al.*, *Science*, **264**(1994)43.
- [ 3 ] C. Zener, *Phys. Rev.* **82**(1951)403.
- [ 4 ] K. H. Ahn, X. W. Wu, K. Liu *et al.*, *Phys. Rev.*, **B54**(1996),15299.
- [ 5 ] Zhi-hong Wang, Jian-wang Cai, Bao-gen Shen *et al.*, *Acta Physica Sinica* **48**(1999), 757 ( in Chinese ) 王志宏、蔡建旺、沈保根等 *物理学报* **48**(1999), 757 ]
- [ 6 ] Guang Li, Ping Tang, Xia Sun *et al.*, *Acta Physica Sinica* **48**(1999)505 ( in Chinese ) 李 广、汤 萍、孙 霞等 *物理学报* **48**(1999), 505 ]
- [ 7 ] Wen-xu Xian-Yu, Bao-he Li, Zheng-nan Qian *et al.*, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* **8**(1998)632.
- [ 8 ] Wen-xu Xian-Yu, Bao-he Li, Zheng-nan Qian *et al.*, *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Jilinensis* **4**(1998)47 ( in Chinese ) 鲜于文旭、李宝河、千正男 等, 吉林大学自然科学学报, **4**(1998)47 ]

## COLOSSAL MAGNETORESISTANCE EFFECTS AND MAGNETIC PROPERTIES OF $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{M}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_3$ ( $M = \text{Cr}, \text{Fe}$ )<sup>\*</sup>

LI BAO-HE<sup>a,b)</sup> XIAN-YU WEN-XU<sup>b)</sup> WAN XIN<sup>a)</sup> ZHANG JIAN<sup>c)</sup> SHEN BAO-GEN<sup>c)</sup>

<sup>a)</sup> (Department of Mathematics and Physics, Beijing Technology and Business University, Beijing 100037, China)

<sup>b)</sup> (Department of Physics, Jilin University, Changchun 120023, China)

<sup>c)</sup> (State Key Laboratory of Magnetism, Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

(Received 23 September 1999; revised manuscript received 16 October 1999)

### ABSTRACT

This paper discusses the preparation of the colossal magnetoresistance samples  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Cr}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_3$  ( $x = 0, 0.10, 0.15$ ) and  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{O}_3$  ( $x = 0.05, 0.10, 0.16$ ) by the sol-gel technique. The effects that the substitution of Cr or Fe for Mn in  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  affects its structure, magnetic properties and magnetoresistance are also studied. Two peaks are observed on the resistance-temperature curves ( $R$ - $T$  curves) of the two samples  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Cr}_{0.15}\text{Mn}_{0.85}\text{O}_3$  and  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Fe}_{0.05}\text{Mn}_{0.95}\text{O}_3$ . The mechanism for the potential appearance of the double peaks is discussed. A conclusion is drawn that with the increase of Cr (or Fe) substituting for Mn, the samples' Curie temperature ( $T_C$ ), ferromagnetism and conductivity decrease, whereas their magnetoresistance strengthens. However, the same amount of Cr produces less effect on the samples than the same amount of Fe.

**Keywords** : CMR effect, sol-gel technology,  $R$ - $T$  curve, metal-insulator transition

**PACC** : 7590