

# Y 替代 $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$ 体系的结构与输运行为\*

张玉凤<sup>1)</sup> 张金仓<sup>1)</sup> 王新燕<sup>1)</sup> K. Tubata<sup>2)</sup> 曹桂新<sup>1)</sup> 刘永生<sup>1)</sup>  
舒 杨<sup>1)</sup> 敬 超<sup>1)</sup> N. Nishimura<sup>2)</sup> K. Mori<sup>2)</sup> 曹世勋<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 上海大学物理系, 上海 200436)

<sup>2)</sup> Faculty of Engineering, Toyama University, Toyama 930-8555, Japan)

(2003 年 5 月 26 日收到, 2003 年 11 月 18 日收到修改稿)

系统研究了  $(\text{La}_{1-x}\text{Y}_x)_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  ( $0.0 \leq x \leq 0.3$ ) 体系的结构和输运行为. 结果表明, 实验样品具有很好的单相结构, 随 Y 掺杂浓度的增加, 金属—绝缘体 (M—I) 转变温度  $T_{\text{MI}}$  向低温区移动, 对应的峰值电阻率  $\rho_p$  升高, 对  $x = 0.3$  样品, 较未替代样品 ( $x = 0.0$ ) 增幅达 8 个数量级. 在外加磁场下, 材料表现出很强的磁电阻效应. 同时, 从实验结果出发, 直接给出了输运特性与晶体结构之间的关联, 并从双交换模型和可变频跃迁理论出发, 对实验结果进行了初步讨论.

关键词:  $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  锰氧化物, Y 替代, 晶体结构, 输运行为

PACC: 7130, 7200, 7530V

## 1. 引 言

自从混价锰氧化物  $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{MnO}_3$  ( $A = \text{Ca}, \text{Sr}$  和  $\text{Ba}$ ) 中存在巨磁电阻 (CMR) 效应被发现以来<sup>[1]</sup>, 不仅拓展了强关联电子系统物理的研究领域, 而且由于它在磁记录、磁探测及磁传感器等方面的潜在应用价值, 使得对混价锰氧化物的输运机理和 CMR 效应的机理研究一直是凝聚态和材料物理领域的研究热点之一<sup>[2-10]</sup>. 如所周知, 该体系的母体氧化物  $\text{LaMnO}_3$  是一种典型的  $\text{ABO}_3$  结构反铁磁 Mott 绝缘体, 具有天然的钙钛矿晶体结构<sup>[11]</sup>. 当用二价碱土金属元素 Sr, Ca 和 Ba 等部分替代 La 后出现铁磁基态, 形成所谓的掺杂锰氧化物  $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{MnO}_3$  ( $A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$  和  $\text{Pb}$ ). 同时, 在掺杂前后磁特性呈现由反铁磁到铁磁行为和由半导体到金属导电行为的转变现象. 这种金属导电和铁磁行为习惯上用传统的双交换 (DE) 作用机理来解释. 该机理认为, Mn 氧化物的掺杂将引起体系价态的不平衡, 使部分  $\text{Mn}^{3+}$  离子变为  $\text{Mn}^{4+}$  离子, 这样  $\text{Mn}^{3+}-\text{O}^{2-}-\text{Mn}^{4+}$  之间的电子跃迁产生电磁耦合<sup>[12]</sup>, 乃是该体系呈现反铁磁—铁磁行为和由绝缘体到金属行为转变的根源. 然而, 近年来

的相关研究业已发现, DE 机理尚不能对这类材料中的输运行为做出令人满意的解释. 如高温区 ( $T > T_c$ ) 的电阻温度关系, 低温区  $\rho-T$  关系所作的定量计算与实验值差别也很大等等. 因此, 相关的模型和假设相继不断被提出, 例如, Millis 等人<sup>[13]</sup> 曾用  $\text{Mn}^{3+}$  的顶点氧, 即  $\text{MnO}$  八面体在  $\text{LaO}$  层中的氧发生了 Jahn-Teller 畸变, 来解释 Mn 氧化物体系的相关物理现象. 后来, Hwang 等人对稀土离子掺杂的  $(\text{La}_{1-x}\text{R}_x)_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$  体系进行了系统研究, 通过固定  $\text{Mn}^{3+}/\text{Mn}^{4+}$  比率在 3/7, 他们发现 CMR 体系的电磁性质依赖于所谓的容忍因子  $t$ <sup>[14]</sup>. 这里  $t = (r_A + r_O) / (r_{\text{Mn}} + r_O)$ ,  $r_A$  是  $\text{La}^{3+}$  和  $\text{Ca}^{2+}$  的平均离子半径,  $r_O$  是  $\text{O}^{2-}$  的离子半径,  $r_{\text{Mn}}$  是  $\text{Mn}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{4+}$  的离子半径. 随  $t$  的减小, Mn—O—Mn 键角减小, 使得  $\text{Mn}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{4+}$  间的电子跃迁减小, 引起体系电阻的增加及相关磁特性的改变. 1998 年, Terai 等人通过改变 La 位离子半径, 用 Dy 代替 La, 亦得到了类似的结论<sup>[15]</sup>. 因此, La 位替代的研究一直是 Mn 氧化物强关联体系的研究热点之一, 在 Mn 氧化物体系庞磁电阻机理的研究中具有十分重要的地位. 本文报道对  $(\text{La}_{1-x}\text{Y}_x)_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  ( $x = 0.0-0.3$ ) 系列样品的结构和输运行

\* 国家自然科学基金 (批准号: 10274049), 上海市教育委员会科技发展基金 (批准号: 01A16 和 02AK42) 和上海市教育委员会重点学科建设项目资助的课题.

为的系统研究结果.通过结构分析表明,样品具有很好的单相性.随 Y 掺杂浓度的增加,金属—绝缘体转变温度  $T_{MI}$  向低温区移动,而对应的峰值电阻率  $\rho_p$  升高.在外加磁场下,材料表现出很强的磁电阻效应.文中直接给出体系输运特性与晶体结构之间的关联,并从双交换模型和可变量跃迁理论出发,对实验结果进行了初步解释.

## 2. 样品与实验

( $La_{1-x}Y_x$ ) $_{2/3}Ca_{1/3}MnO_3$  ( $x = 0.0-0.3$ ) 样品采用传统的固相反应法制备.将分析纯的  $La_2O_3$ ,  $Y_2O_3$ ,  $CaCO_3$  和  $MnO_2$  粉末原料按化学计量比精确称量,混合研磨均匀后,在  $1000^\circ C$  空气中预烧 12h,然后经研磨压片,在  $1300^\circ C$  温度下进行 24h 二次烧结,最后再次研磨压片后,在空气中  $1350^\circ C$  温度下烧结 24h. XRD 结构分析在 12kWD/max-RB 衍射仪上进行(Cu  $K\alpha$  辐射).输运和磁测量在 PPMS-9 物性测量系统上完成,测试温度为 1.9—300K,温度测量精度为 0.01K,电压测试精度为 20nV,磁场测试精度为 0.02mT.实验结果具有很好的重复性.

## 3. 结果与讨论

### 3.1. Y 替代对 ( $La_{1-x}Y_x$ ) $_{2/3}Ca_{1/3}MnO_3$ 体系晶体结构的影响

图 1 给出 ( $La_{1-x}Y_x$ ) $_{2/3}Ca_{1/3}MnO_3$  ( $x = 0.0-0.3$ ) 样品 XRD 实验的典型结果.可以看到,对未替代的样品(图 1(a),  $x = 0.0$ ),所有衍射峰均可按  $La_{2/3}Ca_{1/3}MnO_3$  进行很好的指标化,表明样品具有很好的单相性.对 Y 替代样品(图 1(b)—(d)),在整个替代范围内( $x = 0.1-0.3$ ),没有可观察到的额外衍射峰出现.表明随 Y 替代含量的增加,在本实验所进行的替代范围内,所有样品具有很好的单相性.这里,由于稀土元素  $La^{3+}$  的离子半径远大于  $Y^{3+}$  的离子半径,前者的典型值为  $0.115nm$ ,后者  $Y^{3+}$  为  $0.094nm$ ,所以很自然地想到随 Y 替代含量的增加 ( $La_{1-x}Y_x$ ) $_{2/3}Ca_{1/3}MnO_3$  体系相应的晶胞参数应减小.为此,从上述 XRD 实验结果,计算了晶胞参数随 Y 替代含量  $x$  的变化(图 2).可以看到,随替代含量  $x$  的增加,各晶胞参数  $a$ ,  $b$  和  $c$  均显著减小,从计算得到的晶胞体积来看,几乎是线性减小的.具体值从  $x =$

0.0 时的  $0.457007nm^3$  减小到  $x = 0.3$  时的  $0.44751nm^3$ ,相对减小量达 2.08%.晶胞体积明显减小,等效于一种化学压力的变化,将影响到各原子间键长和键角的改变,从目前为止关于锰氧化物体系巨磁电阻物理机理的理解上,按照双交换模型,主要是通过 Mn—O—Mn 之间键长和键角的改变所引起的.如所周知,任何晶体结构上的微小变化,都无疑将影响到体系的电子输运和相关物理性能的变化.

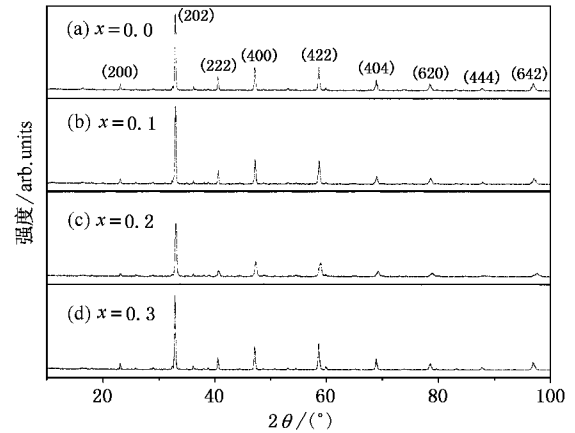
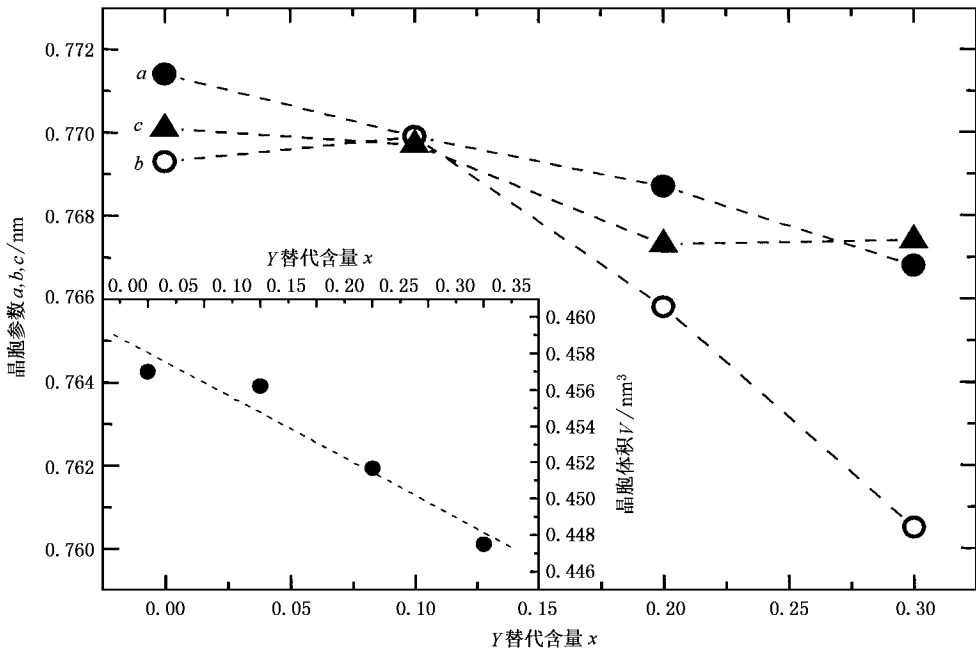
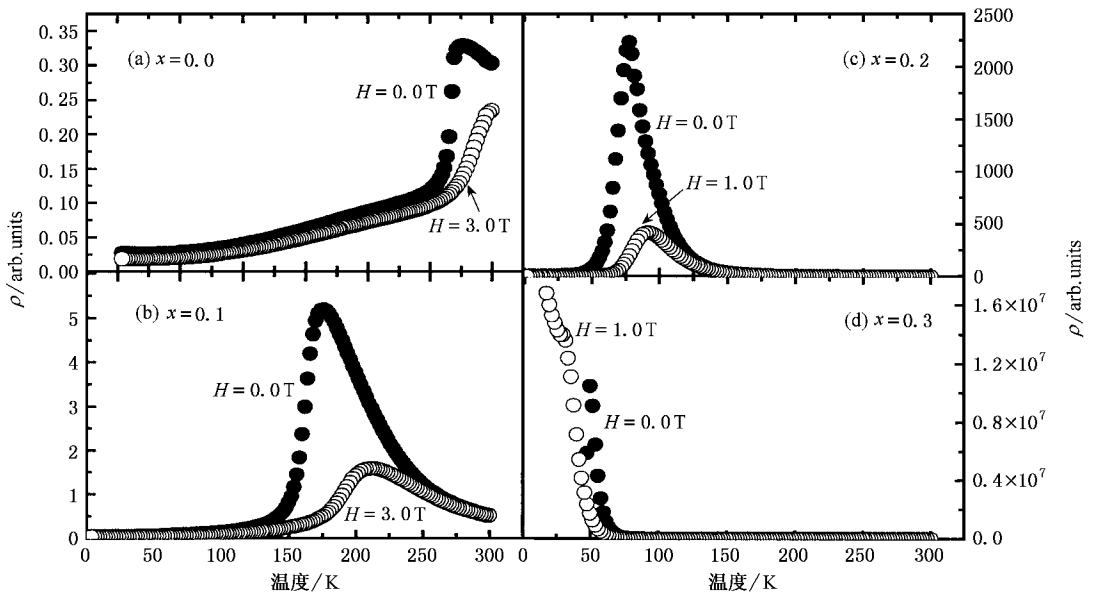


图 1 样品 XRD 结构分析实验结果

### 3.2. Y 替代对 ( $La_{1-x}Y_x$ ) $_{2/3}Ca_{1/3}MnO_3$ 体系输运行为的影响

图 3 给出样品在外磁场分别为  $H = 0.0, 1.0$  和  $3.0T$  下输运特性测量的实验结果.从这里可看到输运特性上几个明显的 Y 替代变化特征:首先,就零场下 ( $La_{1-x}Y_x$ ) $_{2/3}Ca_{1/3}MnO_3$  体系的金属—绝缘体转变温度  $T_{MI}$  而言,随 Y 替代含量  $x$  的增加迅速降低,从  $x = 0.0$  的  $276.9K$  减小到  $x = 0.3$  的  $49.4K$ .第二,随 Y 掺杂量的增加,样品的室温电阻率大体上相近,而在对应的金属—绝缘体转变温度  $T_{MI}$  处的峰值电阻率  $\rho_p(T_{MI})$ ,却是大幅度增加,从  $x = 0.0$  到  $x = 0.3$  增幅达 8 个数量级.其三,与其他 Mn 氧化物体系相同,在外加磁场下,样品电阻率显著降低,对应的金属—绝缘体转变温度  $T_{MI}$  处的峰值电阻率  $\rho_p(T_{MI})$  很小,向高温移动.本实验所进行的最大 Y 替代浓度下(图 3(d)),在外加磁场  $H = 1.0T$  时,除了在  $T = 31.8K$  附近出现一个小的台阶响应外,样品始终呈现绝缘体特性,没有金属—绝缘体转变的出现.

从图 3 给出的结果出发,计算了各不同 Y 含量样品磁电阻 MR 的变化情况(图 4),可以看到,随 Y

图 2 晶胞参数和晶胞体积  $V$  与 Y 替代含量  $x$  的变化关系图 3 样品电阻率  $\rho$  测量的实验结果

掺杂含量的提高, 磁电阻 MR 的最大峰值显著提高, 对  $x=0.3$  样品的 MR 值而言, 为未替代  $x=0.0$  样品的 100 余倍. 这一点, 可以从 Y 替代后引起 La 位平均离子半径的变化给予理解. 因  $\text{Y}^{3+}$  的离子半径远小于  $\text{La}^{3+}$  的离子半径, 使得掺杂导致了稀土离子  $\text{La}^{3+}$  和  $\text{Ca}^{2+}$  位的平均离子半径减小, 改变了所谓的容忍因子  $t = (r_A + r_O) / (r_{\text{Mn}} + r_O)$  值的大小, 即随替代含量的增加,  $t$  逐渐减小, 从而使得 Mn—Mn 键长

以及 Mn—O—Mn 键角发生改变, 这样减少 Mn3d 轨道电子的跃迁及相邻 Mn 离子间的铁磁耦合, 使得  $\text{Mn}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{4+}$  间的电子跃迁减少, 引起体系电阻的增加和电阻率峰值增加<sup>[16,17]</sup>, 并导致金属—绝缘体转变温度  $T_{\text{MI}}$  向低温区移动. 从图 3 还可以看到, 随磁场增强, 样品的转变温度  $T_{\text{MI}}$  逐渐向高温区移动, 在  $T_{\text{MI}}$  附近, 样品的电阻率对磁场十分敏感, 而在稍

高于转变温度  $T_{\text{MI}}$  处,电阻率相对而言对磁场的敏感性变弱,当温度到一定值时,其电阻基本上不再随磁场而变化.这一现象可以解释为外加磁场提高了系统的低温磁有序化程度,使系统的铁磁耦合作用增强,从而提高了样品的转变温度  $T_{\text{MI}}$  [18].因这种材料的磁阻峰和电阻峰的位置与磁转变温度相联系 [19-22],故磁阻峰也向低温区转移,这点在图 4 中磁电阻 MR 随温度  $T$  的变化关系上也可表现出来.

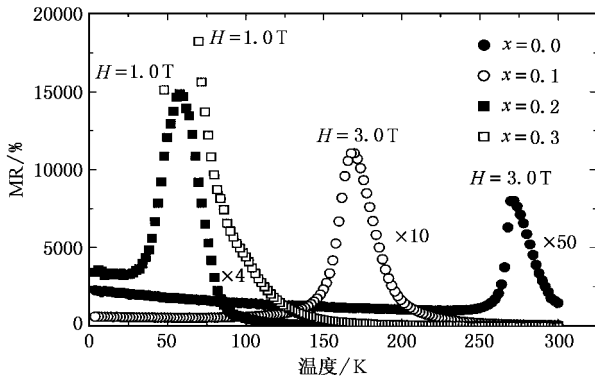


图 4 样品磁电阻 MR 随温度的变化曲线

### 3.3. $T_{\text{MI}}$ 以上温区的输运特性与可变量跃迁模型

对于掺杂 Mn 氧化物  $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  体系,众所周知,对应于金属—绝缘体转变,伴随体系从顺磁到铁磁相变的发生,因而转变温度  $T_{\text{MI}}$  和体系的居里温度  $T_{\text{C}}$  大体上一致,它同时也是体系出现巨磁电阻效应最大峰值的位置.从图 4 看到的体系巨磁电阻最大值随 Y 替代含量显著增加的变化特征,按照双交换机理,在固定  $\text{Mn}^{3+}/\text{Mn}^{4+}$  比时,较强的铁磁性双交换作用对应于 Mn—O—Mn 键角接近于  $180^\circ$ .当用较小离子半径的 Y 离子替代较大离子半径的 La 离子后,致使其键角偏离  $180^\circ$ ,导致双交换作用减小,进而使得金属—绝缘体转变温度降低和峰值电阻增大.相关的理论分析也已表明,除了双交换作用外,所谓的极化子效应也将是钙铁矿 Mn 氧化物体系金属—绝缘体转变的重要因素之一,体系在高温区 ( $T_{\text{MI}}$  以上) 的导电过程主要取决于自旋极化子的非相干非弹性的跳变过程,电荷载流子借助于其与局域自旋间的相互作用,并通过非弹性磁子的发射和吸收来跳跃到它近邻位置,使得系统表现为可变量跃迁的绝缘型导电过程.而在低温区 ( $T_{\text{MI}}$  以下),体系进入铁磁态以后,载流子因所受自旋散射的明显减少,导致电阻率下降并表现出金属型的导电行

为,即上述两种导电过程的竞争导致了金属—绝缘体转变的发生.

为了看到  $T_{\text{MI}}$  以上导电过程在 Y 替代 Mn 氧化物体系的详情,从可变量跃迁模型出发,我们对实验结果进行了粗略拟合,图 5 直接给出  $\ln\rho$  与  $1/T^{1/4}$  的关系曲线,内插图是对  $x=0.0$  和  $0.1$  样品高温区的放大.可以看到,对未替代样品 ( $x=0.0$ ),两者具有很好的线性关系,随 Y 替代含量的增加,对  $x=0.1$  和  $0.2$  样品,曲线在高温区线性关系较好,但接近低温区时,出现偏离线性的现象,曲线略有下降.就整体而言,所有样品在高温区与可变量跃迁模型基本保持较好的一致性 [5, 23, 24].

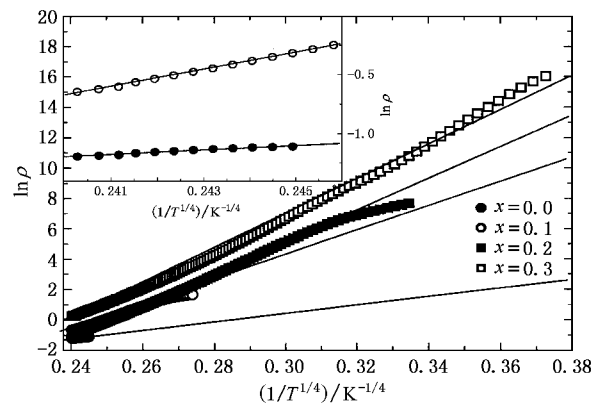


图 5 样品  $\ln\rho$  与  $1/T^{1/4}$  拟合关系曲线

### 3.4. 金属—绝缘体转变与结构之间的关联

为看到 Y 替代所引起晶体结构的变化对体系金属—绝缘体转变和顺磁—铁磁相变之间的影响,我们直接给出体系金属—绝缘体转变温度  $T_{\text{MI}}$  与晶胞体积  $V$  之间的关系曲线,见图 6. 可以看到,对于较大的晶胞体积,对应有较高的  $T_{\text{MI}}$  值.仔细观察相关 Mn 氧化物体系,对系列稀土离子及其他阳离子的 La 位替代,在所谓的最佳正比比 1/3 情况下,对应大离子半径 (相应于大的晶胞体积) 就有着较高的金属—绝缘体转变温度  $T_{\text{MI}}$ ,亦即这将是 Mn 氧化物体系的共有特点之一 [14, 25, 26]. 如上所述,这一点从双交换模型来看,主要是由于  $\text{Y}^{3+}$  的离子半径远小于  $\text{La}^{3+}$  的离子半径,导致 La 位的平均离子半径减小,使得所谓的容忍因子  $t$  减小,引起 Mn—Mn 键长和 Mn—O—Mn 键角发生改变,减少了 Mn3d 轨道电子的跃迁及相邻 Mn 离子间的铁磁耦合,使得  $\text{Mn}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{4+}$  间的电子跃迁减少,最终在随 Y 替代含量增

加过程中(晶胞体积减小时),导致金属—绝缘体转变温度  $T_{\text{MI}}$  向低温区移动,即在与体系结构的关系中,表现为小的晶胞体积具有低的  $T_{\text{MI}}$  值,较大的晶胞体积对应较高的  $T_{\text{MI}}$  值。

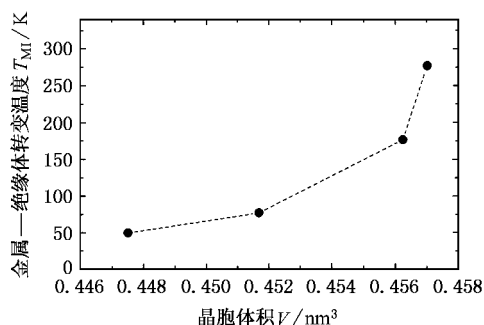


图 6 样品金属—绝缘体转变温度  $T_{\text{MI}}$  与晶胞体积  $V$  的关系曲线

## 4. 结 论

系统研究了  $(\text{La}_{1-x}\text{Y}_x)_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  ( $x = 0.0$ —

0.3) 体系的结构和输运行为,结果表明,样品具有很好的单相结构,随 Y 掺杂浓度的增加,金属—绝缘体转变温度  $T_{\text{MI}}$  向低温区移动,而对应的峰值电阻率  $\rho_p$  升高。在外加磁场下,材料表现出很强的磁电阻效应。同时,直接给出了体系输运特性与晶体结构之间的关联,并从可变程跃迁理论出发,对实验结果进行了拟合,表明在  $T_{\text{MI}}$  以上的高温区,  $\ln\rho$  与  $1/T^{1/4}$  表现出较好的线性行为。另一方面,从双交换模型出发,对实验结果给予了初步解释。对 Y 替代而言,由于  $\text{Y}^{3+}$  较  $\text{La}^{3+}$  的半径小,使得体系的容忍因子  $t$  减小,引起 Mn—Mn 键长和 Mn—O—Mn 键角发生改变,减少了 Mn 3d 轨道电子的跃迁及相邻 Mn 离子间的铁磁耦合,使得  $\text{Mn}^{3+}$  和  $\text{Mn}^{4+}$  间的电子跃迁减少,使得在随 Y 替代含量增加过程中,导致金属—绝缘体转变温度  $T_{\text{MI}}$  向低温区移动。其结果对 Mn 氧化物强关联体系物理机理的理解提供了重要的实验资料。

- [ 1 ] Helmholt R V, Wecker J, Holzapel B, Schultz L and Samwer K 1993 *Phys. Rev. Lett.* **71** 2331
- [ 2 ] Pradhan A K, Roul B K, Wen J G, Ren Z F, Muralidhar M, Dutta P, Sahu D R, Mohanty S and Patro P K 2000 *Appl. Phys. Lett.* **76** 763
- [ 3 ] Jin S, O' Bryan H M, Tiefel T H, McCormack M and Rhodes W W 1995 *Appl. Phys. Lett.* **66** 3
- [ 4 ] Yuan S L, Zhao W Y, Zhang G O, Tu F, Peng G, Liu J, Yang Y P, Li G, Jiang Y, Zeng X Y and Tang C Q 2000 *Appl. Phys. Lett.* **77** 4398
- [ 5 ] Ravindranath V, Ramachandrarao M S, Rangarajan G, Lu Y F, Klein J, Klingeler R, Uhlenbruck S, Üchner B and Gross R 2001 *Phys. Rev. B* **63** 184434
- [ 6 ] Chen X, Wang Z H, Li R W, Shen B G, Zhao H W, Zhan W S, Chen J S and Zhang X X 2001 *Chin. Phys.* **10** 751
- [ 7 ] Jaime M, Lin P, Chun S H and Salamon M B 1999 *Phys. Rev. B* **60** 1028
- [ 8 ] Liu N, Sun Y, Tong W and Zhang Y H 2001 *Chin. J. Low Temp. Phys.* **23** 1 (in Chinese) [ 刘 宁、孙 勇、董 伟、张裕恒 2001 低温物理学报 **23** 1 ]
- [ 9 ] Hirota K, Nishizawa A and Endoh Y 1998 *J. Magn. Magn. Mater.* **177** 864
- [ 10 ] Dai D S, Xiong G C and Wu S C 1997 *Prog. Phys.* **17** 201 (in Chinese) [ 戴道生、熊光成、吴思诚 1997 物理学进展 **17** 201 ]
- [ 11 ] Goodenough J B, Lago J M and Landolt-Boormstein T 1970 *New Series* vol III/4: (Berlin Springer)
- [ 12 ] Zener C 1951 *Phys. Rev.* **82** 403
- [ 13 ] Millis A J, Shraiman B I and Mueller R 1995 *Phys. Rev. Lett.* **74** 5144
- [ 14 ] Hwang H Y, Cheong S W, Radaelli P G, Marezio M and Batlogg B 1995 *Phys. Rev. Lett.* **75** 914
- [ 15 ] Terai T, Kakeshita T, Fukuda T and Saburi T 1998 *Phys. Rev. B* **58** 1028
- [ 16 ] Fontouberta J, Martinez B, Seffer A, Piñol S, García-Muñoz J L and Obradors X 1996 *Phys. Rev. Lett.* **76** 1122
- [ 17 ] Wu J, Cao Q Q, Gu K M, Li Q L, Wang L, Zhang H C, Du Y W and Zhang S Y 1999 *Acta Phys. Sin.* **48** 370 (in Chinese) [ 吴 坚、曹庆琪、谷坤明、李启亮、王 亮、张鸿才、都有为、张世远 1999 物理学报 **48** 370 ]
- [ 18 ] Mahendiran R, Tiwary S K, Raychaudhuri A K and Ramakrishnan T V 1996 *Phys. Rev. B* **53** 3348
- [ 19 ] Xiao C T, Han L A, Xue D S, Zhao J H, Kunkel H and Williams G 2003 *Acta Phys. Sin.* **52** 1245 (in Chinese) [ 肖春涛、韩立安、薛德胜、赵俊慧、Kunkel H and Williams G 2003 物理学报 **52** 1245 ]
- [ 20 ] Chahara K I, Ohno T, Kasai M and Kozono Y 1993 *Appl. Phys. Lett.* **63** 1990
- [ 21 ] Jin S, McCormack M, Tiefel T H and Ramesh R 1994 *J. Appl. Phys.* **76** 6929
- [ 22 ] Xu M X and Jiao Z K 1998 *Acta Phys. Sin.* **47** 1007 (in Chinese) [ 徐明祥、焦正宽 1998 物理学报 **47** 1007 ]

- [ 23 ] Gorbenko O Y , Kaul A R , Bosak A A , Graboy I E , Zandbergen H W , Svetchnikov V L , Babushkina N A , Belova L M and Kugel K I 2000 *Solid States Commun.* **114** 407
- [ 24 ] Chen Y , Sun X , Huang Z , Tang P , Li G , Wang S , Li Z M , Chen Z Y and Yuan S L 1998 *Chin. J. Low Temp. Phys.* **20** 62 (in Chinese) [ 陈 岳、孙 霞、黄 真、汤 萍、李 广、王 胜、刘智民、陈治友、袁松柳 1998 低温物理学报 **20** 62 ]
- [ 25 ] Biswas A , Raychaudhuri A K , Arulraj A and Rao C N 1998 *Appl. Phys. A* **66** 1213
- [ 26 ] Coey J M D , Viret M and Ranno L 1995 *Phys. Rev. Lett.* **75** 3910

## Studies on the structure and transport properties for Y-doped $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$ perovskite manganate \*

Zhang Yu-Feng<sup>1)</sup> Zhang Jin-Cang<sup>1)</sup> Wang Xin-Yan<sup>1)</sup> K. Tubata<sup>2)</sup> Cao Gui-Xin<sup>1)</sup>  
Liu Yong-Sheng<sup>1)</sup> Shu Yang<sup>1)</sup> Jing Chao<sup>1)</sup> N. Nishimura<sup>2)</sup> K. Mori<sup>2)</sup> Cao Shi-Xun<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> ( Department of Physics , Shanghai University , Shanghai 200436 , China )

<sup>2)</sup> ( Faculty of Engineering , Toyama University , Toyama 930-8555 , Japan )

( Received 26 May 2003 ; revised manuscript received 18 November 2003 )

### Abstract

The structure and transport properties of perovskite  $(\text{La}_{1-x}\text{Y}_x)_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  ( $0 \leq x \leq 0.3$ ) systems are systematically investigated. It is found that all the compounds show a single phase structure. With the increase of  $\text{Y}^{3+}$  doping content the metal-insulator transition temperature  $T_{\text{MI}}(M-I)$  shifts to lower temperatures. While the relevant resistance peak  $\rho_p$  is sharply increased, for the sample of  $x = 0.3$ , it has been enhanced by eight orders of magnitude larger than the non-doped sample ( $x = 0.0$ ). In these materials a large magnetoresistance effect has been observed under an external magnetic field. At the same time, it is also directly shown that the correlation between the transport properties and the variation of crystal structure from the experiment result. Based on the double-exchange model and the variable-range-hopping (VRH) theory, the mechanism of the influence of Y-doping for La in  $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  systems is also discussed.

**Keywords** :  $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{MnO}_3$  perovskite manganese , Y-doping , crystal structure , transport properties

**PACC** : 7130 , 7200 , 7530V

\* Project supported by the National Natural Science Foundation of China ( Grant No. 10274049 ) , the Science & Technology Development Foundation from the Shanghai Education Commission , China ( Grant Nos. 01A16 and 02AK42 ) , and the Shanghai Leading Academic Discipline Program.