

掺 Pr 的 Y-Ba-Cu-O 体系 超导体的红外光谱研究

曾 文 生

中山大学物理系, 广州 510275; 南开大学物理系, 天津 300071

杨 小 明

南开大学化学系, 天津 300071

李 增 发 张 光 寅

南开大学物理系, 天津 300071

宋 德 英

南开大学化学系, 天津 300071

阎 少 林

南开大学电子科学系, 天津 300071

1991 年 11 月 10 日收到

本文报道了对 $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 体系超导体红外光谱研究的结果。发现在整个光谱范围内(中红外和远红外), Pr 含量增加的直接结果是大部分反射峰的强度增强。在远红外区, Y 原子的“指纹”性声子 190cm^{-1} 峰的频率位置与 Pr 含量无关, 证明了 Pr 在该体系中价态要比 Y 的 +3 价高, 介于 +3 价与 +4 价之间。通过对各个声子结构的指认, 我们发现: 随 Pr 含量增高, 声子活性增强的振动模必定是属于 CuO_2 面内的或与 CuO_2 平面平行的振动模, 与 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 体系中减少氧的情况类似。这意味着 CuO_2 面内的振动对于高温超导性的重要作用。

PACC: 0765G; 6320; 7430

一、引 言

自从发现高温氧化物超导体以来^[1], $\text{L}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ ($\text{L} = \text{Y}, \text{Sm}$ 等) 123 相是被研究得最多的一个体系。由于它具有 La_2CuO_4 及 Tl 系的共有特点, 如 CuO_2 平面, 缺氧的钙钛矿结构等, 而且还具备其它两体系所没有的性能, 如一维的 CuO 链以及能够随氧含量发生四方 $\longleftrightarrow$ 正交的相变, 导致超导相和非超导相, 因而该体系被广泛地应用于高温超导电性的机理研究。在高温超导体研究的历史中, $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 的出现使人们产生这样一个观点: CuO_2 平面和 CuO 一维链的共同存在是形成高温超导的必要条件。在 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 中, 由于脱氧伴随产生了 CuO 一维链的解体 and 晶格结构从正交到四方相的

转变,体系同时失去超导性,那么大部分研究者自然形成下列观点;在该体系中 CuO 一维链和正交相的存在必定导致超导性的出现。这种观点在某种意义上,对超导机理的研究曾起着决定作用。后来人们发现了 Tl 系^[2] 超导体,虽然上述观点在整体上而言已经失去意义,但是,许多理论还是认为在研究 $\text{LBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 123 相中上述观点仍然成立。在这种情况下,我们仔细考察 $\text{LBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 123 相中正交相和 CuO 一维链对超导的作用是十分必要的。在寻找新的超导体材料过程中,替代元素是一个被广泛利用的手段^[3],其中不断替换 $\text{LBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 中 L 位元素是一个重要方面。

人们已经发现,将所有镧系元素替代 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 中 Y 位后,唯有 $L = \text{Pr}$, Tb 和 Ce 时, $\text{LBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 不会形成超导相,其它的情况基本与 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 相同。由于 Tb 和 Ce 与 Ba , Cu , O 形成不了 123 相,不会产生超导现象是可以理解的^[4]。只有 $\text{PrBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 能同 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 等一样,为 123 相,而且有完好的一维 Cu-O 链和 CuO_2 面,能够随着氧含量的变化发生四方 $\longleftrightarrow$ 正交相变,但是在正交相时也未显示出任何超导迹象^[5]。而 $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 体系随 Pr 含量增加逐步丧失超导性,同时一维 Cu-O 链不解体,正交相保持不变。显然,深入系统地研究该体系对于认识高温超导性是极为有益的。对于该体系的其它特性的研究已迅速展开^[6],但是光谱,尤其是红外光谱的研究目前还未见任何报道。红外光谱是研究晶格振动、载流子输运性质等的重要手段。本文利用红外反射光谱系统地研究了 $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 体系,发现 Pr 含量的增加对超导电性的影响类似于氧的减少对 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 所起的作用。指出:载流子减少才是超导性消失的原因。还进一步证实, CuO_2 面内振动与超导性有着密切关系。

二、实 验

样品采用固相反应方法制备。将适量的光谱纯 BaCO_3 , Y_2O_3 , CuO 和 Pr_6O_{11} 粉末按化学配比 $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ ($x = 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$) 称重,充分研磨(研磨时间在

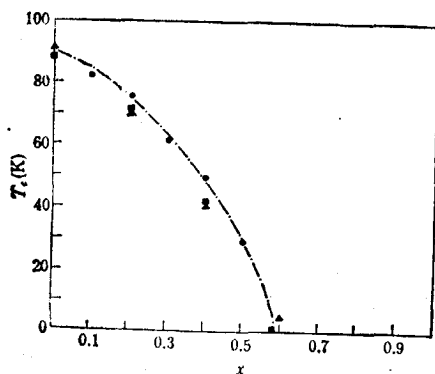


图1 $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 体系的 T_c 与 Pr 含量 x 的关系 ■为本文的实验结果; ●和▲为 Yang^[8] 和 Kebede^[9] 等人的结果

结果示于图1中,与 Yang^[8] 和 Kebede 等人^[9] 的结果较为一致。

利用水砂纸将样品表面磨除掉约 1mm 厚的一层,以除去表面可能的杂相结构,然后

3h 以上)后,置于 930℃ 空气气氛中预烧 20h 以上,随炉自然冷却到室温(时间在 5h 以上),取出样品再一次充分研磨,压成适当圆片,放入炉中在 950℃ 空气气氛中烧结 40 h 以上,得到所要测试的样品。必须指出第二次烧结时间越长,样品杂相越少,正交性能越好。在文献[7]中我们利用 X 射线衍射(XRD)法进行了详细讨论。

样品的零电阻温度 T_c 的测量采用通常的四点法测定。得到: $x = 0.0$, $T_c = 89.2\text{K}$; $x = 0.2$, $T_c = 71.0\text{K}$; $x = 0.4$, $T_c = 41.4\text{K}$; $x \geq 0.6$, 样品在 10K 以上不存在超导电性。

用金相砂纸 (M 10 为 No.4) 抛光, 以提高反射信噪比。反射测量在 Nicolet 170SX-FTIR 光谱仪上进行, 入射光与样品表面法线夹角为 12° , 采用铝镜面作为反射基准。反复测量, 结果一致, 表明我们得到的反射光谱是样品的而非杂相的。

XRD 分析是利用 Rigakud-Max-8A² 型转靶 X 射线衍射仪进行。为了保证结果可靠性, 我们在红外反射测量前后都进行了 XRD 测量, 前后结果一致。

三、结果与讨论

1. 样品的结构

对于以 Pr 替代 Y 的系列, 其 XRD 谱随 Pr 浓度增大呈现出很强的规律性变化。如图 2 所示, 随着混晶中 Pr 浓度的增加, 其主峰 (103)(110) 与次峰 (013) 的相对强度及劈裂程度有所减小, 这是晶胞常数 a , b 轴的差别减小, c 轴增大的体现。但是 (200) 峰与 (020) 峰始终没有合并, 因此表明样品的晶格结构仍然处于正交相。另一个引人注目的是 (005) 峰和 (104), (113) 峰的强度随 Pr 含量增加所表现出的规律性变化: (005) 峰与 (104), (113) 峰相对强度比随 Pr 含量 x 的增加而逐渐减小, 最后在 Pr 全部替代 Y 时两峰强度相等。由于这几个峰正好反映了 CuO_2 面附近原子对 X 射线的散射强度, 因此, 其峰强度随 Pr 含量的规律性变化正反映了 Pr 替代两个 CuO_2 平面之间元素 Y 所带来的影响, 也可以作为 Pr 替代 Y 位后 CuO_2 平面上电子结构变化的直接证据。上述规律性变化说明, Pr 替代 Y 位后对晶格结构有一定影响: 主要是使晶格结构的正交扭曲程度下降, c 轴增大, 但并未导致正交相到四方相的结构相变。而正交扭曲的下降, 可能反映了 CuO_2 平面上电子结构的变化对 CuO 一维链也有一定影响, 似乎为电子驱动导致的结构变化。但是, 尽管如此, 在 Pr 替代 Y 后, 并未导致正交相到四方相的结构相变, 体系仍处于正交 123 相。

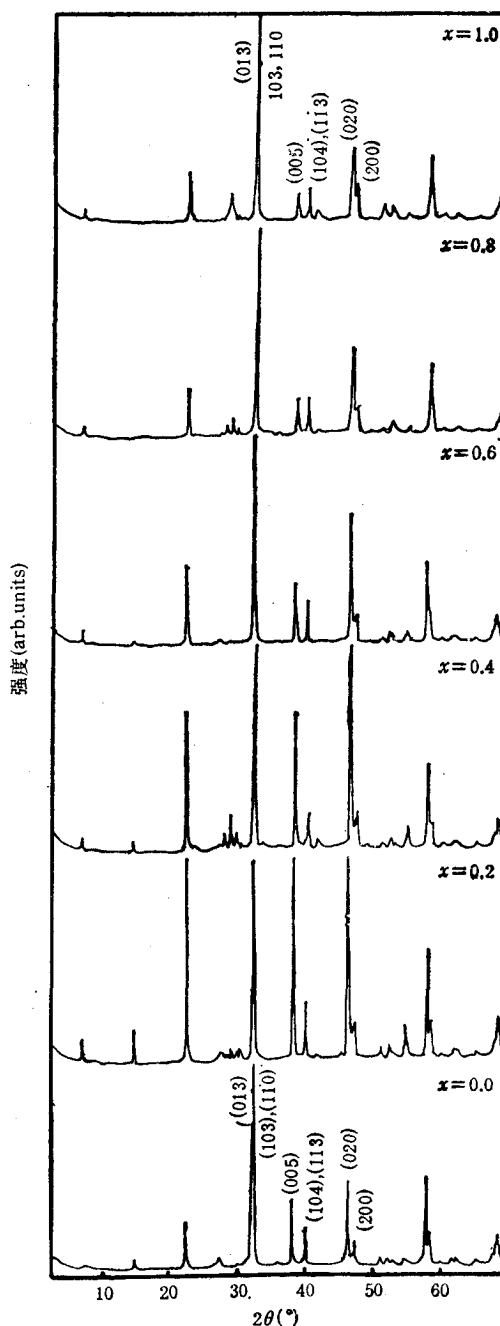


图2 $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 体系的 XRD 谱 第二次烧结时间均在 45h 以上

2. 远红外反射光谱: Pr 的价态

在 $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 体系中, Pr 的价态问题对解释 Pr 的加入导致超导性能的抑制是重要的. 对该体系的磁化率的测量表明^[10,13]: $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 中 Pr 的有效 Bohr 磁子远比自由的 Pr^{3+} 的 Bohr 磁子小, 接近自由 Pr^{4+} 的 Bohr 磁子, 这意味着 Pr 在该体系中价态接近 +4 价. 但是, 一个能使 Pr 离子基态产生分裂的强晶位电场也能产生较小的磁矩, 因而上述结论并不十分可信. 而光电子能谱^[14]、X 射线吸收谱^[15]、Raman 光谱^[16] 以及结构测量^[17] 都倾向于认为在 $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 中 Pr 的价态接近 +3 价. 但是, 如假设 Pr 4f 与 Cu-O 价态存在强烈杂化, 那么上述 Pr 为 +3 价态的结论是值得怀疑的^[13]. 事实上, $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 的低温比热的异常行为表示了上述杂化^[18]. 可见, Pr 的价态问题有待进一步研究.

红外光谱可以提供晶格振动的信息. 我们利用红外光谱考察 Pr 导致的 $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 晶格振动行为的变化. $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 的反射光谱中 190cm^{-1} 附近声子结构普遍

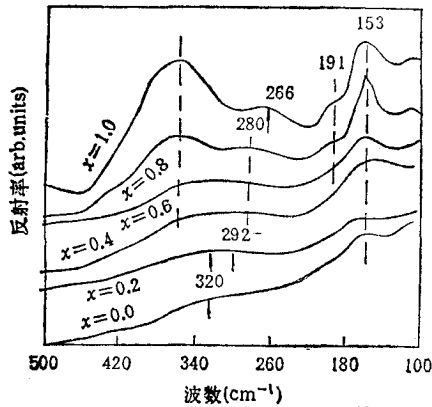


图3 $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 体系的远红外反射谱

被指认为 Y 原子在 c 轴方向振动的 B_{1u} 模^[9], 并且在室温下一般为较弱结构, 在低温时才有明显结构. 在 Er, Sm 和 Gd 等镧系元素替代 Y 位后, 其它声子结构的位置与强度几乎没有改变, 只有 190cm^{-1} 声子结构频移到 $160-170\text{cm}^{-1}$ 处^[20,21]. 由于上述替代元素的价态与 Y 相同, 均为 +3 价, 故利用这些元素原子量远大于 Y 原子量这一事实, 可以成功解释上述频率的红移.

图3为 $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 的远红外反射谱. 在 x 很小时, 190cm^{-1} 声子结构较弱, 而在 $x=1.0$ 时, 在 191cm^{-1} 位置有较为明显的声子结构, 这个强度的变化正好是声子异常敏感的体现^[22], 本文最后将讨论. 前面论述过, $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 与 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 具有相类似的晶格结构, 都属于正交 123 结构, 空间对称群都为 D_{2h}^{17} , 那么它们的晶格振动模式应该是相同的. 这样我们可以指认图3中 $\text{PrBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ($x=1.0$) 的 191cm^{-1} 声子结构与 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 中的 190cm^{-1} 声子结构一样, 为 Pr 原子在 c 轴方向振动的 B_{1u} 模. 由于 Pr 的原子量远比 Y 的要大 ($\text{Pr}=141$, $\text{Y}=89$), 那么如果 Pr 的价态与 Y 相同, 仍为 +3 价, 则该声子结构必然与 $\text{ErBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, $\text{SmBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 等一样有明显的红移. 但实际上, 该“指纹”性声子仍处于 191cm^{-1} 处. 这意味着 Pr 与其周围的 8 个 O 原子有比 Y 更强的结合键. 在结构分析中, 由于 Pr 和 O 的距离稍大于 Y 和 O 的距离^[23], 而 O 的价态都为 -2 价, 故而 Pr 的价态一定比 Y 的要高. 利用简单模型 $\omega \sim \sqrt{k/m}$ 估计, Pr 的价态要大于 +4 价, 才能正确解释上述“指纹”性声子频率的不移动性. 上述模型过于简单, 不足以精确得到 Pr 价态值. 但是, 我们以上面的分析中似可以肯定, Pr 在 $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 中价态必定大于 +3 价, 介于 +3 价与 +4 价之间.

实际上, $\text{Pr}^{(3+)+}(y > 0)$ 替代 Y^{3+} , 必然是空穴从 CuO_2 面上转移到 Y 位置, 并在 Y 位置固定下来, 这在本质上自然减少了 CuO_2 内移动的载流子-空穴, 这在下面的讨论中将会更清楚地体现出来。

3. Pr 替代 Y 对光学激活声子的影响

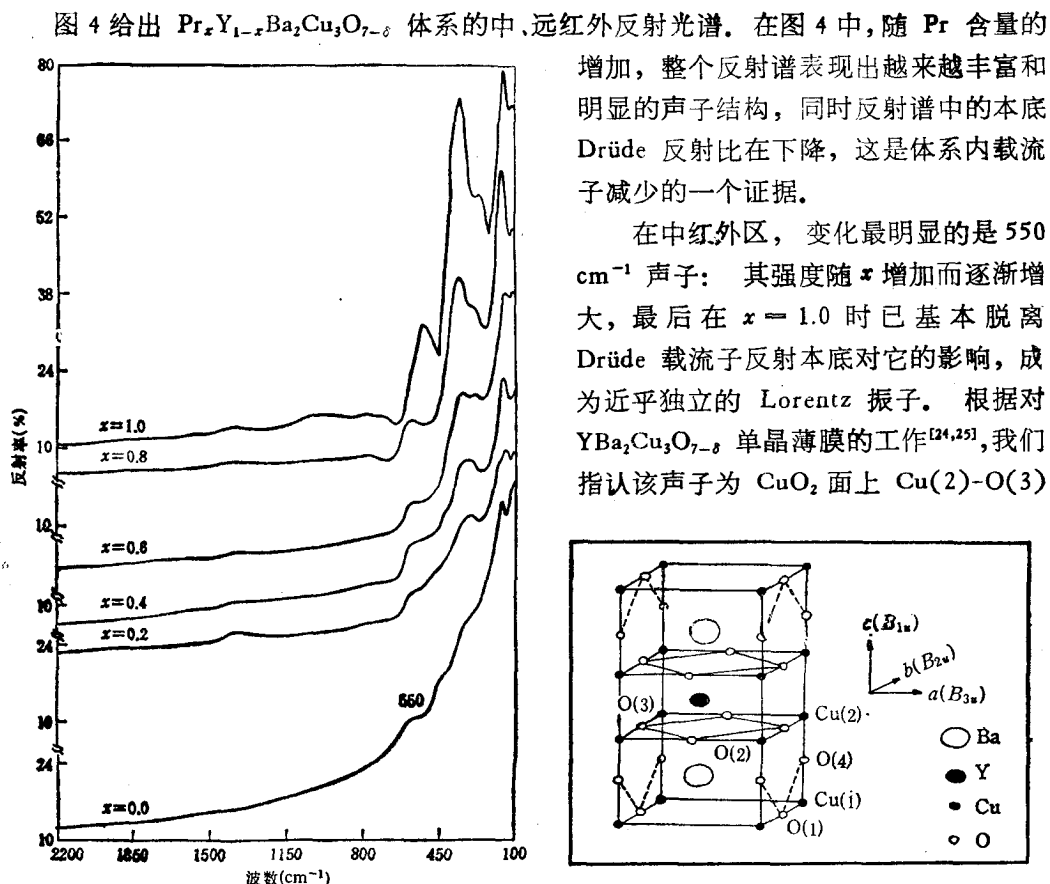


图4 $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 体系的红外反射谱

增加, 整个反射谱表现出越来越丰富和明显的声子结构, 同时反射谱中的本底 Drude 反射比在下降, 这是体系内载流子减少的一个证据。

在中红外区, 变化最明显的是 550 cm^{-1} 声子: 其强度随 x 增加而逐渐增大, 最后在 $x = 1.0$ 时已基本脱离 Drude 载流子反射本底对它的影响, 成为近乎独立的 Lorentz 振子。根据对 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 单晶薄膜的工作^[24,25], 我们指认该声子为 CuO_2 面上 $\text{Cu}(2)\text{-O}(3)$

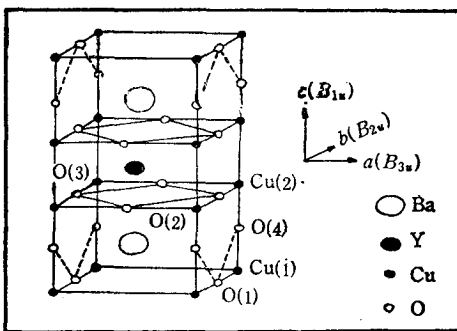


图5 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 正交相的结构图及红外活性模式示意图

在 b 轴方向上的伸缩振动, 为 B_{2u} 模, 见图 5 所示。由于 Pr 的加入不影响其它元素的振动指认, 那么该 550 cm^{-1} 声子强度的变化意味着 CuO_2 面内的振动受到 Pr 的加入的影响较大。

在远红外区, 随 Pr 含量增加而变化最大的是 260 cm^{-1} 和 350 cm^{-1} 附近的两个声子结构。它们开始为两峰结构, 随 x 的增加, 350 cm^{-1} 声子逐渐增强, 为整个光谱范围内的主声子带结构, 而 260 cm^{-1} 处的结构成为该声子带结构的一个伴峰。这表明, 350 cm^{-1} 声子结构受 Pr 含量增加的影响最大。根据同样的指认^[24,25], 350 cm^{-1} 为 $\text{Cu}(2)\text{-O}(2)\text{-Cu}(2)$ 在 CuO_2 面内弯曲振动, 属于 B_{2u} 模, 而 260 cm^{-1} 为 $\text{Cu}(1)\text{-O}(1)\text{-Cu}(1)$ 与 CuO_2 面平行的弯曲振动, 属于 B_{3u} 模。 153 cm^{-1} 声子结构在所有不同 Pr 含量 x 的样品中无大的变化, 只是在高 Pr 含量中强度有所增大, 这与 191 cm^{-1} 声子一样, 属于声子

异常敏感的体现,在最后再加以讨论.在高 Pr 含量样品的光谱中, 110cm^{-1} 附近出现一个愈来愈明显的声子结构,我们指认其为 Ba 原子在 ab 平面(与 CuO_2 面平行)内的振动,为 B_{1u} 或 B_{2u} 模,这与 Crawford 等人^[21]在 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 四方相中观察到的声子结构类似.

综上所述,Pr 逐步替代 Y 的结果是,声子活性变化最大者都来源于 CuO_2 平面内的晶格振动,其次是与 CuO_2 平面平行的振动,这与 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 中 O(1) 位 O 原子逃逸情况十分类似.

4. 载流子

从图 4 中看到,Pr 的增加使得体系的 Drüde 反射本底下降,这是载流子减少的体现.事实上,由于 $\text{Pr}^{(3+y)+}$ ($y > 0$) 的存在,空穴从 CuO_2 面上转移到 Pr 位并且固定在其周围,这直接导致了该体系载流子数的下降.在对 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 中 O(1) 位 O 原子逃逸的红外光谱分析中^[26],我们发现,O 的逃逸使得 CuO_2 面内晶格振动红外活性增强,同时也使载流子密度下降. 550cm^{-1} 声子由于 Pr 的加入逐步成为一个脱离 Drüde 反射本底的 Lorentz 振子,这是载流子密度下降的一个证据.由于 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 内载流子基本上在 CuO_2 面内移动,故而能与之相耦合并能减少晶格振动活性的必然是在 CuO_2 面内振动的声子模.如果一旦这些声子模的红外活性增强,那么必然是因为上述载流子对这些声子的耦合下降.文献[7]已详细讨论过,如果载流子的阻尼系数增大,只能使声子结构的表现行为发生变化(由凹型变为凸型),而不会导致声子反射峰强度的增大.这里能导致红外反射谱中声子强度增大的唯一原因看来是载流子密度的减小.我们将另文讨论.可见,Pr 的加入使得 CuO_2 面内振动光学活性增强最大的原因在于 Pr 的加入减少了该体系的载流子.

前面我们讨论过, 190cm^{-1} 和 153cm^{-1} 声子分别为 Y 原子和 Ba 原子在 c 轴方向上的振动,为 B_{1u} 模.它们在 Pr 含量增加时,强度有所增强,但并不明显.这是声子光学活性的表现强度在等离子体频率 ω_p 附近异常敏感的体现^[22].在 ω_p 附近,声子均有比实际强度大的表现强度,此为声子的异常敏感性^[22],随着 Pr 含量的增加,载流子密度下降,使得 ω_p 向低频端移动, 190cm^{-1} 和 150cm^{-1} 便随之靠近 ω_p ,成为异常敏感区的声子,有较大表现强度.可见,这两个声子强度的增大,也支持 Pr 含量的增加,载流子密度下降的结论.

四、结 论

本文系统研究了 $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 体系的红外反射光谱后,得到下述结论: 1) Pr 在该体系中呈现高于 +3 价的价态; 2) Pr 的加入使得 CuO_2 面内或与 CuO 面平行的晶格振动的活性得到最大增强; 3) Pr 的加入使得该体系的载流子密度减少.进一步,在该体系中我们看到,正交相和完整的 Cu-O 链并不能导致超导相.与 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 体系一样^[20],我们认为,载流子的减少才是失超的关键原因,载流子是高温超导的关键素材.另外可以看到,无论 Pr 的加入,还是 O(1) 位逃逸,样品的超导性都在下降,同时伴随的

是 CuO_2 面内声子活性的增强。这种增强都是由于载流子减少而与声子耦合减弱所致。究竟是因为这种耦合减弱导致了超导性的减弱, 还是这种耦合减弱只是超导下降的结果, 目前还不能肯定。但是 CuO_2 面内声子对超导的作用已被揭示出来。

感谢南开大学测试中心徐谨民老师在红外实验中给予热情帮助。曾文生还感谢中山大学莫党教授对本文写作的支持和热情讨论。

- [1] 赵忠贤、陈立泉等, 科学通报, **32**(1987), 412.
- [2] Z. Z. Sheng, A. M. Hermann, *Nature*, **332**(1988), 138.
- [3] 赵勇、张其瑞等, 物理学进展, **10**(1990), 421.
- [4] K. N. Yang, B. W. Lee *et al.*, *Appl. Phys.*, **A46**(1988), 229.
- [5] A. Kebede *et al.*, *J. Magn. Magn. Mat.*, **76+77**(1988), 619.
- [6] 如: G. Y. Guo *et al.*, *Phys. Rev.*, **B41**(1990), 6372;
M. E. Lopez-Morales *et al.*, *Phys. Rev.*, **B41**(1990), 6655.
- [7] 曾文生, 南开大学博士学位论文, (1991年5月).
- [8] A. Kebede *et al.*, *Phys. Rev.*, **B40**(1989), 4453.
- [9] I. S. Yang *et al.*, *Phys. Rev.*, **B41**(1990), 8921.
- [10] J. E. Peng *et al.*, *Phys. Rev.*, **B40**(1989), 4517.
- [11] C. S. Jee *et al.*, *Solid State Commun.*, **69**(1989), 379.
- [12] M. E. Lopez-Morales, *et al.*, *Phys. Rev.*, **B41**(1990), 6655.
- [13] P. M. Grant *et al.*, in *The Science of Superconductivity and New Materials*, Vol. 18 of *Progress in High Temperature Superconductivity* edited by S. Nakajima (World Scientific, Singapore, 1988), p. 69.
- [14] J. S. Kang *et al.*, *J. Less-Common Met.*, **148**(1989), 121.
- [15] S. Horn *et al.*, *Phys. Rev.*, **B36**(1987), 3895.
- [16] H. J. Rosen *et al.*, *Phys. Rev.*, **B38**(1988), 2460.
- [17] K. N. Yang *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys. Supp.*, **26-3**(1987), 1307.
- [18] M. B. Maple *et al.*, *J. Less-Common Met.*, **149**(1989), 405.
- [19] M. K. Crawford *et al.*, *Phys. Rev.*, **B37**(1988), 3371.
- [20] M. K. Crawford *et al.*, in *Proceedings of the Symposium on High Temperature Superconductivity*, edited by D. V. Gubser, M. M. Schluter (Materials Research Society, Pittsburgh, 1988), Vol. 99.
- [21] M. K. Crawford *et al.*, *Phys. Rev.*, **B38**(1988), 11382.
- [22] 曾文生等, 红外研究, **9**(1990), 199.
- [23] J. D. Jorgensen, B. W. Veal *et al.*, *Phys. Rev.*, **B41**(1990), 1863.
- [24] Zeng Wen-sheng *et al.*, *Chin. Phys. Lett.*, **7**(1990), 159.
- [25] Zeng Wen-sheng *et al.*, *Infrared Phys.*, **31**(1991), 337.
- [26] Zeng Wen-Sheng *et al.*, *Chin. Phys. Lett.*, **8**(1991), 36.

INFRARED SPECTRA OF Pr-DOPED Y-Ba-Cu-O SYSTEM SUPERCONDUCTORS

ZENG WEN-SHENG

*Department of Physics, Zhongshan University, Guangzhou 510275;
Department of Physics, Nankai University, Tianjin 300071*

YANG XIAO-MING

Department of Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071

LI ZENG-FA ZHANG GUANG-YIN

Department of Physics, Nankai University, Tianjin 300071

SONG DE-YING

Department of Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071

YAN SHAO-LIN

Department of Electric Science, Nankai University, Tianjin 300071

(Received 10 November 1991)

ABSTRACT

The result of studies on the infrared spectra of $\text{Pr}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ system superconductors are reported. It is found that the direct result of increasing the Pr content is that most reflectance features become stronger in the whole energy range (including middle infrared and far infrared). The fingerprint phonon of Y atom at 190cm^{-1} does not shift when the content of Pr changes. This confirms that the valence of Pr in this system is greater than +3, which is the valence value of Y in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, and should be between +3 and +4. We also found that, after making the assignment of all phonons, the vibration modes whose strengths increase when the content of Pr increases must be the vibration modes in the CuO_2 plane or parallel to the CuO_2 plane. This case is much similar to the situation of decreasing oxygen content in the $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ system. It is showed that these vibrations in the CuO_2 plane are important for the high- T_c superconductivity.

PACC: 0765G; 6320; 7430