

$Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 的红外反射谱

叶红娟 冉中原¹⁾ 胡灿明

中国科学院红外物理国家重点实验室, 上海 200083

田是映 刘竞青 黄叶肖²⁾ 赵忠贤

中国科学院物理研究所, 北京 100080

1991 年 9 月 2 日收到

测量了温度范围为 4.2—300K 的 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 1.0$) 的红外反射谱, 发现在低温下 Ba 模有双模行为, 随着 x 值增大双模强度反转, 在 $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 中已被判定为 Y 模的位于 194cm^{-1} 的反射峰的位置与 Pr 的含量无关, 即用 Pr 部份或全部替代 Y 时此峰不发生频移. 建议 Pr 在 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 中是正 4 价, Pr 的替代使原来可移动的空穴被定域在 Pr 的周围, 使超导电性受到压制.

PACC: 7400; 7490; 7830

一、引 言

自从 $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 高温超导体发现以来, 用元素替代方法来探索高温超导电性的机制已做大量的工作. 早期用 La 系稀土元素替代 Y 的结果表明, 除了 Ce, Tb 和 Pr 以外的其他稀土元素替代 Y 元素都能生成高温超导体. 用 Pr 部份替代或全部替代 Y 元素的材料有良好的正交的 123 相, 但 Pr 的替代又压制了超导电性, 材料的超导电性随着 Y 的替代量的增加而下降, 当 $x > 0.5$ 时, $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 材料失去超导电性^[1].

关于 Pr 的替代引起超导电性受抑制的原因, 有的文献认为 Pr 在体系中是 4 价, 当 Pr^{4+} 替代 Y^{3+} 时多出的一个电子填充空穴使载流子浓度降低并导致 T_c 降低. 有的文献认为 Pr 在体系中是正 3 价, Pr 引起空穴的定域化^[2], 这是 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 材料 T_c 下降和金属到绝缘体转变的原因. 也有文献根据对 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 材料的结构研究建议 Pr 在体系中的化学价是在 3—4 之间^[3].

本文测得温度范围为 4.2—300K 的 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 1.0$) 的红外反射谱, 发现在低温反射谱中 Ba 模有双模行为, 随着 x 值增大双模的强度有反转. 发现位于 194cm^{-1} 的反射峰位置与 Pr 的含量无关, 此峰在 $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 材料中已被判定为 Y 模, Pr 全部替代 Y 后此峰不发生频移, 建议 Pr 在 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 中是正 4 价, Pr 的引入使原来可移动的空穴变成定域化, 并聚在 Pr 的周围使超导电性受到

1) 中国科学院物理研究所, 北京 100080. 2) 中国科学院红外物理国家重点实验室, 上海 200083.

压制, Pr 量越大,被定域的空穴越多,超导电性也被压制得越厉害,最后导致金属到绝缘体的转变.

二、样品的制备与实验方法

一组 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 样品是由高纯的 CuO , Y_2O_5 , $BaCO_3$ 和 Pr_6O_{11} 按名义配

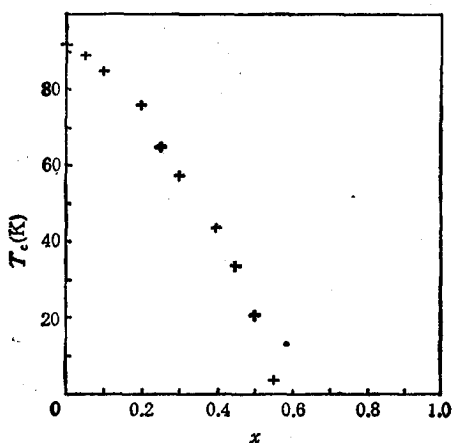


图1 不同 x 值的 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 样品的零电阻温度

比混合、压片,然后在空气中在 $950^{\circ}C$ 炉温下烧 12h,再以 $20^{\circ}C/h$ 的速度冷却到室温. X 射线衍射实验结果表明,所有样品是单相 123 结构. 在 $x \leq 0.55$ 范围,样品为超导体其 T_c 随 x 值增大而下降,在 $x > 0.55$ 范围样品为半导体. 样品的零电阻温度与 Pr 含量的关系如图 1 所示. 图 2 为一组样品的电阻与温度关系曲线,在图 2 中样品电阻都已归一化,在 $250K$ 处都为 1.

所有反射光谱的测量是在 Nicolet-200SXV FT-IR 光谱仪上完成,用镀金的玻璃片作为反射率 100% 的参考,样品是被固定在用液氮致冷的可变温的杜瓦瓶的冷指

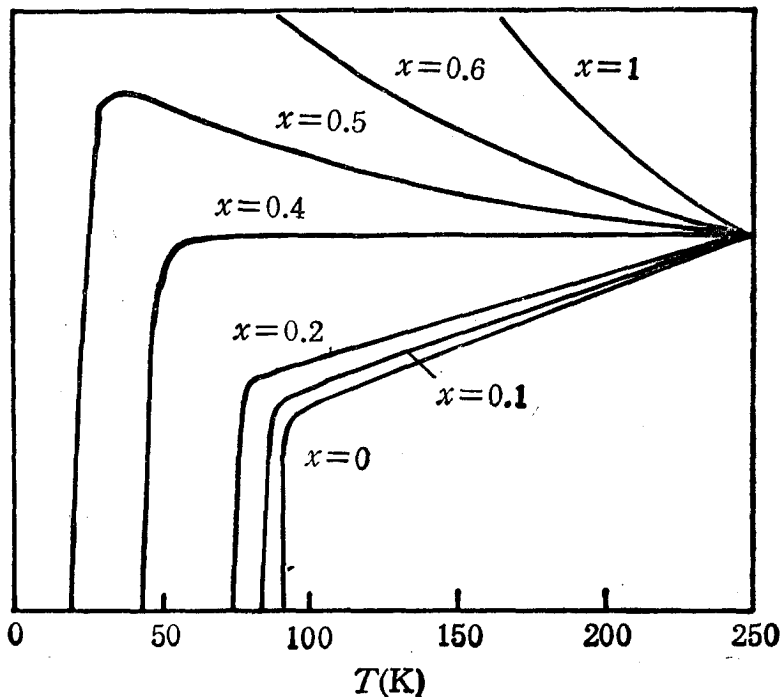


图2 不同 x 值的 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 样品的电阻与温度关系曲线 图中样品电阻都是归一化的,在 $250K$ 处都为 1

上,在测量中红外光谱时用室温的热释电探测器(TGS),在测量远红外光谱时用液氮致冷的 Bolometer 探测器。远红外和中红外的测量分辨率分别为 2 和 4cm^{-1} 。

三、实验结果与讨论

图3—图8分别为 Pr 的浓度为 $0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 1.0$ 的变温远红外反射光谱图。

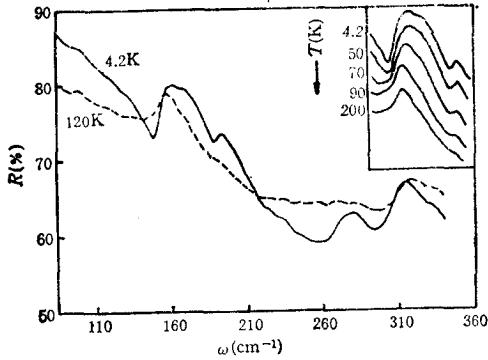


图3 $Y_{0.9}Pr_{0.1}Ba_2Cu_3O_{7+\delta}$ 的远红外反射谱 $x = 0.1$

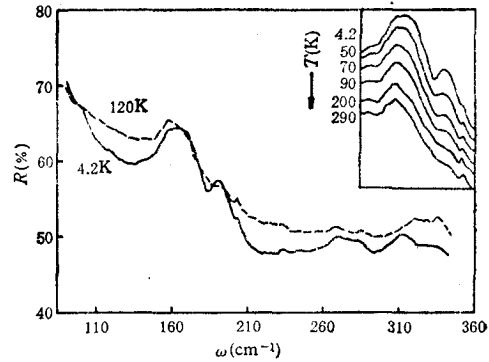


图4 $Y_{0.8}Pr_{0.2}Ba_2Cu_3O_{7+\delta}$ 的远红外反射谱 $x = 0.2$

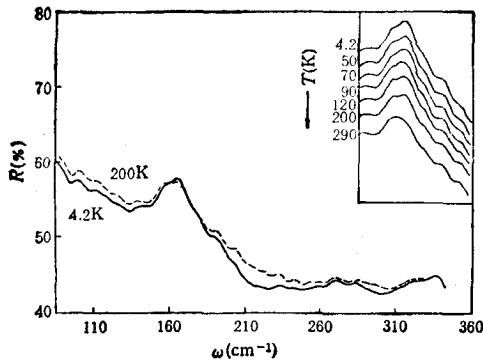


图5 $Y_{0.6}Pr_{0.4}Ba_2Cu_3O_{7+\delta}$ 的远红外反射谱 $x = 0.4$

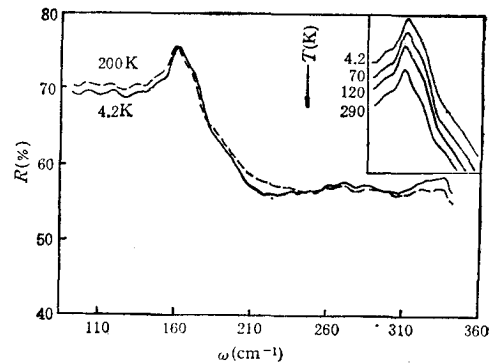


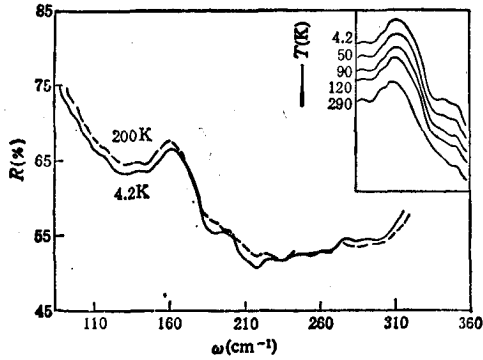
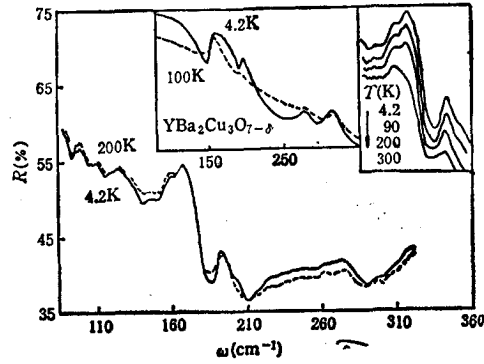
图6 $Y_{0.5}Pr_{0.5}Ba_2Cu_3O_{7+\delta}$ 的远红外反射谱 $x = 0.5$

观察和比较这些光谱图得到以下的实验现象:

1. Ba 模的双模行为

在 $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 的远红外反射谱中位于 159cm^{-1} 的反射峰是 Ba 原子沿着 c 轴振动的声子模, Pr 替代 Y 后使 Ba 模分裂成两个模: Ba(1) 和 Ba(2) 模。当 x 值小时 ($x = 0.1$) Ba(1) 峰的高度大于 Ba(2) 峰。随着 x 值的增大 Ba(2) 峰增强。 $x = 0.4$ 时 Ba(2) 峰高于 Ba(1) 峰。Ba 模的双模行为在低温下很明显,随着温度升高, Ba(2) 模的反射峰强度下降,在室温时只能观察到 Ba(1) 模。

2. 位于 194cm^{-1} 的反射峰在 $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 中被辨认为 Y 沿着 c 轴的振动模,在 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 中此峰位置不随 x 值而变。在 $x < 0.5$ 时峰高随着 x 值增大而减弱。

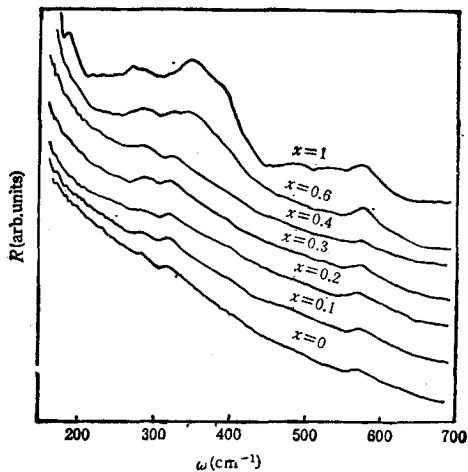
图7 $Y_{0.4}Pr_{0.6}Ba_2Cu_3O_{7+x}$ 的远红外反射谱 $x=0.6$ 图8 $PrBa_2Cu_3O_{7+x}$ 的远红外反射谱 插图为 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 的远红外反射谱

在 $x > 0.5$ 时峰高随着 x 值增大而增强。此峰还随着温度上升而减弱,除了 $x=1.0$ 外在室温情况都不能观察到此峰。

3. 随着 x 值增大,在反射谱中观察到的声子模数目增多,在 $x=0.2, 0.4, 0.6, 1.0$ 的反射谱中都能观察到位于 $\omega=202\text{cm}^{-1}$ 的反射峰,此峰在 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 的反射谱中是没有的,在 $x=0.6$ 的谱中在小于 150cm^{-1} 的低波数范围有些不明显的结构。在 $x=1.0$ 的反射谱中这些不明显的结构变得明显了。它们的位置分别为 $100, 110, 125\text{cm}^{-1}$ 。

4. 在 $x=0.5$ 的反射谱中既观察不到 Ba 的双模行为,也观察不到位于 194 和 202cm^{-1} 的反射峰。 $x=0.5$ 的反射谱有突变。

图 9 为室温下不同 x 值的波数范围从 180cm^{-1} 到 700cm^{-1} 的 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+x}$ 的红外反射谱,发现 $x \leq 0.5$ 的几条反射曲线在外形上相似,而 x 为 0.6 和 1.0 的两条曲线在外形上相似。在 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 的反射谱中位于 570cm^{-1} 的反射峰被指认为 Cu(1)-O(1) (桥梁氧)的伸缩模,而 277 和 315cm^{-1} 的反射峰被辨认为 Cu(2)-O(3) 和 Cu(2)-O(2) 的弯曲振动模^[6]。在本实验结果中观察到 Cu(2)-O(2) 弯曲模随 x 增大向高波数移动,从 $x=0.1$ 时的 315cm^{-1} 移到 $x=1.0$ 的 350cm^{-1} , 另外两个模随 x 值的变化不大。在 x 为 1.0 的谱中还发现三个弱峰,它们分别位于 $395, 480, 530\text{cm}^{-1}$, 表 1 列出不同 Pr 浓度下的 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+x}$ 的反射峰的位置。

图9 不同 x 值室温下的 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+x}$ 的中红外反射谱

按照晶格动力学的考虑在 $YBa_2Cu_3O_7$ 中具有红外活性的模应有 21 个: $7B_{1u} + 7B_{2u} + 7B_{3u}$ 。因为沿着 c 轴的电阻率比沿着 $a-b$ 平面的电阻率大得多,通常认为载流子只允许在 $a-b$ 平面上运动,载流子对在 $a-b$ 平面上振动的 B_{2u} 模和 B_{3u} 模有屏蔽效应^[4,5], 在

表 1 不同 x 值的 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 的反射谱中反射峰的位置 (cm^{-1}) (虚线框内为室温数据,其余为 4.2K 数据)

$x = 0$	159	194	277	315	570
$x = 0.1$	160, 172	194	285	320	570
$x = 0.2$	157, 165	193, 202	285	320	570
$x = 0.4$	157, 165	193, 202	285	325	575
$x = 0.5$	160		280	325	575
$x = 0.6$	157, 163	194, 202	280	320, 345,	575
$x = 1.0$	100, 110, 125, 158, 167	194, 202	270	350	395, 480, 530, 580

$YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 的红外反射谱中只能观察到沿着 c 轴振动的 B_{1g} 模^[6]。缺氧的半导体 $YBa_2Cu_3O_6$ 的晶格动力学的分析是类似于 $YBa_2Cu_3O_7$, 但沿着 b 轴和 a 轴的振动模式简并, 它的红外活性模有 11 个: $6E_u + 5A_{2u}$ 。由于 $YBa_2Cu_3O_6$ 为半导体, 其在 $a-b$ 平面上的振动模应不受屏蔽, 实验也证明这一点: 已在 $YBa_2Cu_3O_6$ 的红外吸收谱中观察到所有的红外活性的 11 个模^[7]。 $PrBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 为非超导体, 它有良好的 123 结构, 但它的氧含量大于 7, 多余的氧在 a 轴的 O_3 位置^[3]。由于原胞中多 3 O, 原子红外活性模数目应多于 21 个, 但在 $PrBa_2Cu_3O_7$ 中只观察到 13 个模, 那些没观察到的模可能由于强度太弱而观察不到, 也可能是由于频率太接近而被掩盖。在中红外波段只进行了室温测量, 若进行低温实验可能会有其他声子模由于在低温下声子寿命长而显示出来。

$Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 的晶格常数 a, b, c 随着 Pr 量的增加而增大, 它的晶格常数是在 $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 和 $PrBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ ^[3,8] 之间, 这与混晶行为相似。在某些混晶半导体中能观察到双模行为。在 $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 中 Ba 沿着 c 轴振动模位置是在 $159cm^{-1}$, 在 $PrBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 中观察到分别位于 158 和 $167cm^{-1}$ 的两个模, 可以认为它们是 Ba 沿着不同轴的振动模, 分别记为 $Ba(1, Pr)$ 和 $Ba(2, Pr)$, $Ba(2, Pr)$ 峰随着温度升高而减弱在室温时只能观察到 $Ba(1, Pr)$ 峰, 在 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 的反射谱中 $Ba(2)$ 模的温度行为与 $Ba(2, Pr)$ 模一样, 在室温时也只能观察到 $Ba(1)$ 峰, 我们建议在 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 中的 $Ba(2)$ 峰是 $PrBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 中的 $Ba(2, Pr)$ 峰, 而 $Ba(1)$ 峰是 $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 中的 Ba 峰和 $PrBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ 中的 $Ba(1, Pr)$ 峰的迭加。又, Pr 的原子量大于 Y, 相对于 Y 模, Pr 模的位置应向低波数方向移, 而用稀土元素 Sm, Ga, Er 全部替代 Y 时, 它们的模移向 $\sim 175cm^{-1}$, 但 Pr 的质量小于上述三元素, $167cm^{-1}$ 这个数值对于 Pr 模似乎太小些, 在 $Ti_xY_{1-x}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ 的远红外反射谱中 Ba 模也分裂成 154 和 $136cm^{-1}$ 两个模^[9], Ti 的质量轻于 Y, 所以 $136cm^{-1}$ 模绝不可能是 Ti 的模, 它是由于 Ti 替代 Y 而引起的属于 Ba 的模。鉴于以上所述可以认为观察到的是 Ba 的双模行为。

当用 Pr 替代 Y 时, O(3)-O(3), Cu(2)-Cu(2) 的距离随着 Pr 量的增加而单调上升, O(2)-O(2) 的距离在 $x = 0.6$ 时达到极值, 然后基本上保持不变^[3]. 这些实验事实表明用 Pr 替代 Y 后 Cu-O 面上框架的畸变减弱, 这种畸变的减弱可能是 Cu(2)-O(2) 模从 $x = 0.1$ 时的 320cm^{-1} 移到 $x = 1.0$ 时的 350cm^{-1} 的原因. 在 x 为 1.0 的谱图中, $395, 480, 530\text{cm}^{-1}$ 反射峰是 Cu-O 在 a - b 平面的振动模.

比较 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 与 $\text{PrBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ 的反射光谱发现它们的主要声子结构相似. 一般认为与超导电声子耦合有关的声子模都发生在非 Γ 点, 像 $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ 超导体是发生在 x 点^[10], 这些声子模有模的软化现象, 而一般红外反射谱观察到的声子模是发生在布里渊区的 Γ 点, 这些声子模主要取决于结构而与是否有超导电性关系不大, 因为 $\text{PrBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ 也有良好的 123 结构所以它的声子谱与 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 的相似, 在 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 反射谱中有明显的 Y 沿着 c 轴的振动 B_{1u} 模, 那 $\text{PrBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 也应有明显的 B_{1u} 模, 相比之下可以认为在 $x = 1.0$ 的谱中 194cm^{-1} 峰是 Pr 的 B_{1u} 模, 202cm^{-1} 峰是 Pr 的 a - b 平面振动模. 在不发生结构相变的前提下, 用其他元素替代 Y 后, 相关的声子模的频率应有相应的移动, 用稀土元素 Sm, Gd, Eu 全部替代 Y 时, Y 的峰从 194cm^{-1} 移到 175cm^{-1} ^[11], 而 Pr 与 Sm, Gd 等元素同属 La 系元素, 质量相差不多 ($\sqrt{m_Y/m_{\text{Sm}}} = 0.77$, $\sqrt{m_Y/m_{\text{Pr}}} = 0.79$) 按常规在 $\text{PrBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ 中此峰也应移向低波数, 但实验结果是此峰位置不因 Pr 替代 Y 而改变, 质量增大频率不变, 这就有可能是由于库仑作用的增强抵消了由于质量增加而引起频率的下降, ($f \sim \sqrt{k/m}$, k 值增大), Pr 的化学价应大于 3 价, Pr 元素有正 3 和正 4 两种化学价, 由此建议 Pr 在 $\text{Y}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ 中是正 4 价. 关于 Pr 化学价问题的讨论有过许多报道, 有的文章认为 Pr 在体系中是正 3 价^[12,13], 有的认为是正 4 价^[14], 也有的建议是在正 3 价和正 4 价之间, 各种建议都以某些实验结果为依据, 根据本实验结果建议 Pr 在 $\text{Y}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ 中的化学价是正 4 价.

在 $x = 0$ 和 $x = 1.0$ 的反射光谱中位于 194cm^{-1} 的反射峰很强, 此峰是与 Y 和 Pr 的振动模有关, 在 $x < 0.5$ 范围此峰随着 x 值增大而减弱, 越过 $x = 0.5$ 这个临界浓度, 此峰随着 x 值增大而增强, 在 x 不为 0 和 1.0 范围内好像此峰受到某种压制, 为了解释这个实验现象设想这样一个物理图象: 认为 $\text{Y}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7+\delta}$ 是 $\text{PrBaCu}_3\text{O}_{7+\delta}$ 和 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{1-\delta}$ 的混合, 真正起超导作用的是 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, 由于 Pr 部份替代 Y 使一些可移动的空穴变成定域化, Pr 的量越大, 被定域的空穴也越多, 超导电性也被压制得越厉害. 那些被定域的空穴是聚在 Pr 的周围, 定域在 Pr 周围的一层空穴对 Pr 上的电子有互作用, Pr 离子的振动也会引起空穴分布的变化, 即 Pr 的振动模与空穴之间有电声子耦合作用, 这种作用导致 Pr 模在红外谱中强度减弱. 在这些物理图象的前提下可解释位于 194cm^{-1} 的反射峰随 x 的动态变化: 在 $x = 0$ 的 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 中位于 194cm^{-1} 的反射峰是 Y 沿着 c 轴的振动模, 在 $0 < x < 0.5$ 范围, Pr 振动模由于电声子耦合作用而显示不出来, 而 Y 模由于 Y 量的减小而减弱, 其超导电性也由于空穴被定域而减弱. 在 $0.5 < x < 1.0$ 范围, Y 振动模由于 Y 量少而太弱, 所以观察不到, 空穴几乎全被定域所以样品变成非超导体, 由于 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 量减少所以在 Pr 周围被定域的空穴量也减少, Pr 的振动模强度由于电声子互作用的减弱而增强. 所以可以认为在 $0 < x < 0.5$ 范围, 位于 194cm^{-1} 的反射峰是 Y 的振动模, 在 $0.5 < x < 1.0$ 范围位于 194cm^{-1} 的反射峰是 Pr 模,

$x = 0.5$ 是临界浓度。

四、结 语

本文报道了 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+x}$ 的红外反射谱, 观察到 Ba 模的双模行为。位于 194cm^{-1} 的反射峰不因 Pr 全部或部分替代 Y 而移动。为此建议 Pr 在 $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+x}$ 中是正 4 价。此峰的强度随着 x 的增大而减弱, 越过临界浓度 $x = 0.5$ 后又随着 x 的增大而增强, 认为这些行为可能与空穴被定域在 Pr 周围有关, 由于空穴被定域导致超导电性受压制和金属到绝缘体的转变。

感谢穆耀明博士的有益讨论。

- [1] A. P. Goncalves, I. C. Santos, F. B. Lopes, R. T. Henriques, M. Almeida, M. O. Figueiredo, *Phys. Rev.*, **B37**(1988), 7476.
- [2] J. Fink, N. Nucker, H. Romberg, M. Alexander, Preprint (Submitted to *Phys. Rev. B*).
- [3] J. J. Neumeier, T. Björnholm, M. B. Maple, J. J. Rhyne, J. A. Gotoas, *Physica*, **C166**(1990), 191.
- [4] G. A. Thomas, J. Orenstein, D. H. Rapkine, M. Capizzi, A. J. Millis, R. N. Bhatt, L. F. Schneemeyer, J. V. Waszczak, *Phys. Rev. Lett.*, **61**(1988), 1313.
- [5] R. T. Collins, Z. Schlesinger, F. Holtzberg, P. Chaudhari, C. Feild, *Phys. Rev.*, **B39**(1989), 6571.
- [6] M. K. Crawford, W. E. Farneth, E. M. McCarron III, R. K. Bordia, *Phys. Rev.*, **B38**(1988), 11382.
- [7] H. J. Ye, R. P. McCall, W. E. Farneth, E. M. McCarron III, A. J. Epstein, *Phys. Rev.*, **B43**(1991), 10574.
- [8] A. Kebede, C. S. Jee, J. Schwegler, J. E. Crow, T. Mihalisin, G. H. Myer, R. E. Salomon, P. Schlottmann, M. V. Kuric, S. H. Bloom, R. P. Guertin, *Phys. Rev.*, **B40**(1989), 4453.
- [9] 叶红娟、俞志毅、陆卫、季华美、陈建湘、李光远、蔡培新、顾为芳, *物理学报*, **38**(1989), 586.
- [10] P. Böni, J. D. Axe, G. Shirane, R. J. Birgeneau, D. R. Gabbe, H. P. Jenssen, M. A. Kastner, C. J. Peters, P. J. Picone, T. R. Thurston, *Phys. Rev.*, **B38**(1988), 185.
- [11] 叶红娟、俞志毅、陆卫、陈建湘、沈学础、曹宁、郑家祺、陈熙琛、廖柏财, *物理学报*, **38**(1989), 299.
- [12] S. Horn, J. Cai, S. A. Shaheen, Y. Jeon, M. Croft, C. L. Chang, M. L. Denboer, *Phys. Rev.*, **B36**(1987), 3895.
- [13] J-S. Kang, J. W. Allen, Z-X. Shen, W. P. Ellis, J. J. Yeh, B. W. Lee, M. B. Maple, W. E. Spicer, I. Lindau, *J. Less-Comm. Met.*, **148**(1989), 121.
- [14] Chan-Soo Jee, A. Kebede, D. Nichols, J. E. Crow, T. Mihalisin, G. H. Myer, I. Perez, R. E. Salomon, P. Schlottman, *Solid State Comm.*, **69**(1989), 379.

INFRARED REFLECTION SPECTRA OF $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$

YE HONG-JUAN RAN ZHONG-YUAN* HU CAN-MING TIAN SHI-YING*

LIU JING-QING* HUANG YE-XIAO ZHAO ZHONG-XIAN*

National Laboratory for Infrared Physics, Academia Sinica, Shanghai 200083

(Received 2 September 1991)

ABSTRACT

The infrared reflection spectra of $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ ($x = 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 1.0$) are measured in the temperature range of 4.2 to 300K. The measurements show that Ba mode has double mode behavior, the strength of which inverses with increasing x , and that the position of the reflection peak at 194cm^{-1} , which has been identified as Y mode of $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, is independent of the density of Pr, i. e., the position of the peak does not change whether the Y is partially or totally substituted by Pr. This indicates that in $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_{7+\delta}$ the valence of Pr is tetravalent. The substitution of Pr make the mobile holes localize around Pr, thereby lead to the suppression of superconductivity.

PACC: 7400; 7490; 7830

* Institute of Physics, Academia Sinica, Beijing 100080