

YBa₂Cu₃O_x 和 BiSrCaCu₂O_x 红外吸收谱的研究*

赵永刚 谢雷鸣 钟福民 陈建民 施天生

(中国科学院上海冶金研究所, 上海)

摘要——进一步研究了对 YBa₂Cu₃O_x 红外谱中 p_1 、 p_2 和 p_3 峰的指认, 测量了 YBa₂Cu₃O_x 的晶格参数 b 、 c 和红外峰 p_1 、 p_3 的频率随淬火温度的变化, 报道了 p_4 (410 cm⁻¹) 及 p_5 (360 cm⁻¹) 两个峰并分别指认为 Ba-Ba 层间及 Y-Ba 层间 Cu-O 弯曲振动产生的。还研究了不同氧含量 BiSrCaCu₂O_x 样品的红外吸收谱, 并对其红外峰进行了指认。

关键词——YBa₂Cu₃O_x, BiSrCaCu₂O_x, 红外吸收谱。

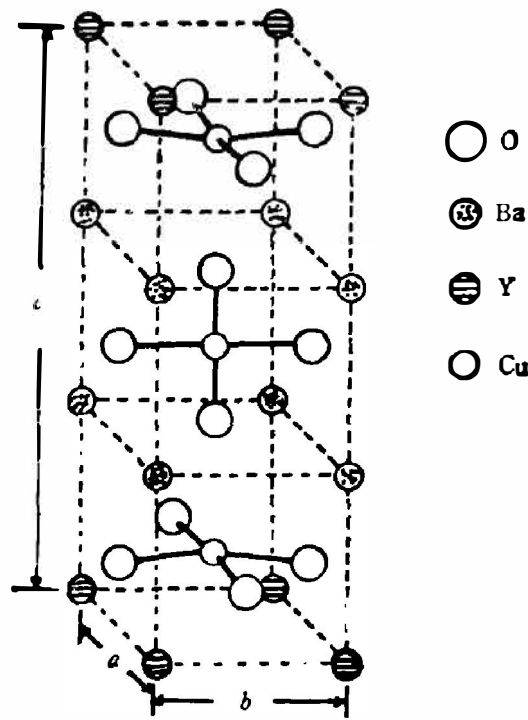
1. 引 言

氧含量对 YBa₂Cu₃O_x 及 Bi-Sr-Ca-Cu-O 的超导性能是十分重要的^[1~4]。对 YBa₂Cu₃O_x 红外光谱的研究表明: 随氧含量 x 的变化, 其红外峰的频率及强度发生相应的变化^[5~14], 我们在文献 [7] 中报道了 p_1 (620~642 cm⁻¹)、 p_2 (590 cm⁻¹) 和 p_3 (540~585 cm⁻¹) 3 个红外吸收峰, 并对它们进行了指认 (参见图 1)。现有报道对这些峰的指认分歧较大^[5~6, 7, 12, 13], 并有报道认为 p_1 、 p_2 峰的强度变化与 YBa₂Cu₃O_x 的 T_c 变化有关^[15], 有关不同氧含量 BiSrCaCu₂O_x 样品的红外光谱的研究, 至今未见报道。

本文研究了不同温度淬火的 YBa₂Cu₃O_x 的红外光谱及晶格参数 b 、 c , 发现 p_1 峰的频率随晶格参数 b 的减小而增大, p_3 峰的频率随晶格参数 c 的增大而减小, 从而为峰的合理指认提供了一个实验依据。我们还发现在 400 cm⁻¹ 附近有 p_4 (410 cm⁻¹)、 p_5 (360 cm⁻¹) 2 个峰, 它们的强度分别随 p_1 、 p_2 峰强度的增强而增强, 据此及它们的频率, 分别将它们指认为 Ba-Ba 层间的 Cu-O (a - b 平面内) 及 Y-Ba 层间的 Cu-O 的弯曲振动产生的, 另外, 我们对不同氧含量的 BiSrCaCu₂O_x 的红外光谱进行了研究, 在 800~250 cm⁻¹ 频率范围内, 发现 A_1 (610 cm⁻¹)、 A_2 (475 cm⁻¹)、 A_3 (450 cm⁻¹) 和 A_4 (370 cm⁻¹) 4 个红外峰, 并对它们进行了指认。最后, 对 La_{2-x}Sr_xCuO₄、YBa₂Cu₃O_x 及 BiSrCaCu₂O_x 的红外光谱进行了比较。

本文 1988 年 9 月 10 日收到, 修改稿 1989 年 2 月 20 日收到。

* 本工作得到国家超导攻关中心资助。

图1 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 的晶体结构Fig. 1 The crystal structure of orthorhombic $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$.

2. 实 验

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 样品的制备及淬火处理见文献[7, 16], 晶格参数由粉末 X 射线衍射方法测量, 对 2θ 扫描速度为 $0.5^\circ/\text{min}$, 扫描范围 $6\sim 140^\circ$, 并用标准硅做标样进行修正, 测量仪器为日本 D/max-rA 12kW 转靶 X 射线衍射仪, 采用石墨单色器, 铜靶。

Bi-Sr-Ca-Cu-O 样品采用固相反应方法制备, 将高纯 Bi_2O_3 、 SrCO_3 、 CaCO_3 和 CuO , 以 Bi: Sr: Ca: Cu = 1: 1: 1: 2 的名义组分混合、研磨后, 在空气中 820°C 温度下焙烧 20 h, 然后压片, 再在空气中 882°C 温度下退火 48 h 然后缓慢地冷却到室温。四探针法测量表明样品的电阻在 110 K 陡降, 有一小的拖尾, 至 94 K 时, 达到零电阻。氢气处理是在 300°C 进行的, 以保证在其结构中引入氧空位而不破坏其结构框架。

红外样品采用 KBr 压片法制备, 在频率范围 $4900\sim 400\text{cm}^{-1}$, 用 Nicolet 7199C 型傅里叶变换红外光谱仪测量, 为研究频率稍低于 400cm^{-1} 的红外峰, 也使用了 Perkin-Elmer 577 光栅红外仪。

3. 结 果

图 2 是 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 样品在不同温度淬火后的室温红外吸收谱。由于在 $4900\sim 800\text{cm}^{-1}$ 频率范围内无吸收峰, 我们只给出 $800\sim 250\text{cm}^{-1}$ 的谱图, 由图可见, 在此频率范围内, 有 $p_1(620\sim 642\text{cm}^{-1})$ 、 $p_2(590\text{cm}^{-1})$ 、 $p_3(540\sim 585\text{cm}^{-1})$ 、 $p_4(410\text{cm}^{-1})$ 和 $p_5(360\text{cm}^{-1})$ 5 个

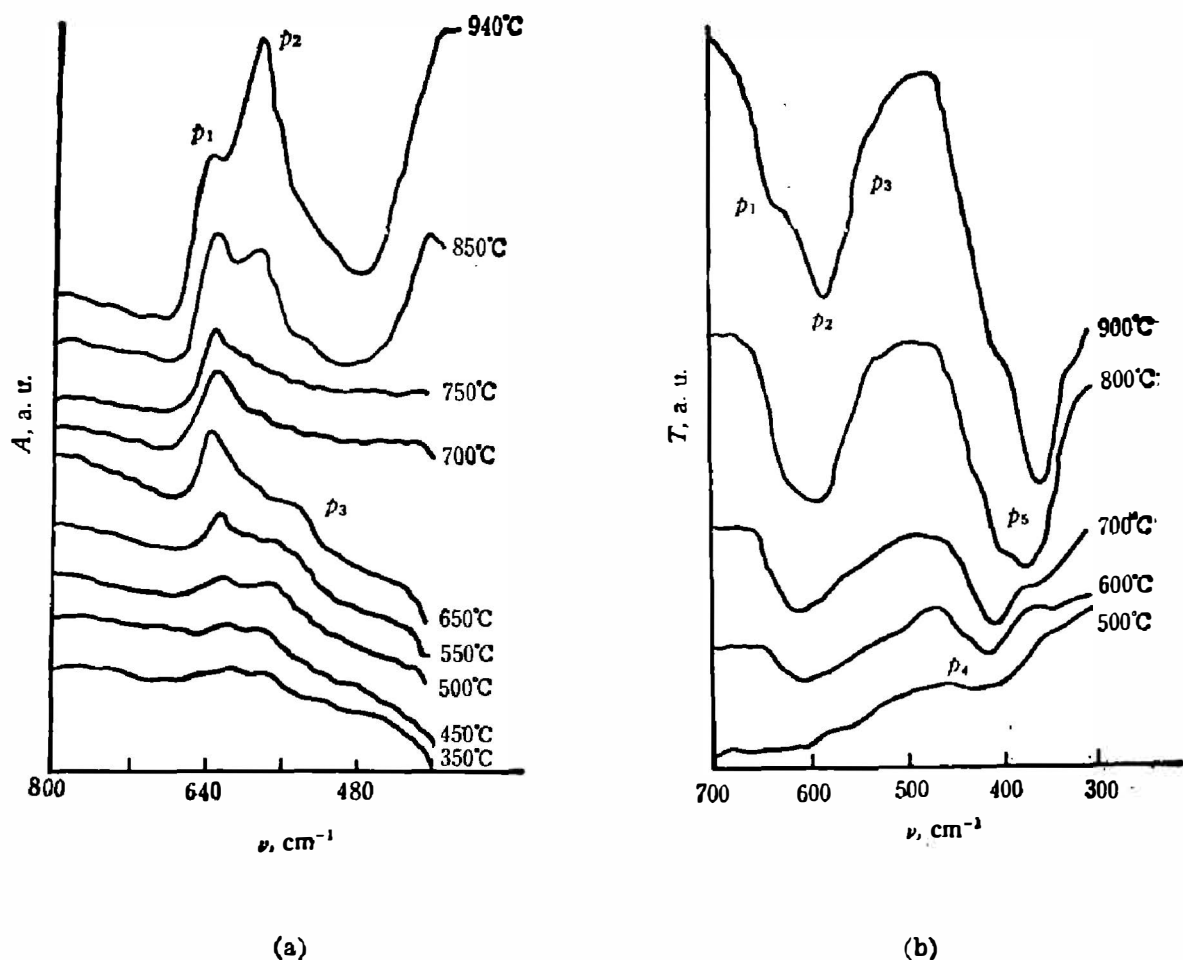


图 2 不同温度淬火的 YBa₂Cu₃O_x 红外谱图

(a) 由傅里叶变换光谱仪测量

(b) 由光栅型光谱仪测量

Fig. 2 The IR spectra of YBa₂Cu₃O_x quenched at various temperatures.

(a) Measured by Fourier-transform spectrometer,

(b) Measured by grating infrared spectrophotometer.

吸收峰。随淬火温度升高, p_1 峰的强度逐渐增大, 并且频率单调地向高频端移动; p_3 峰的强度无明显变化, 但其频率向低频端移动; p_2 峰在 $\sim 700^\circ\text{C}$ 开始出现, 其强度随淬火温度升高增加很快; p_4 和 p_5 的强度均随淬火温度升高而增强, 但 p_5 峰只出现在 700°C 以上淬火的样品中, 值得注意的是 p_4 和 p_5 分别随 p_1 、 p_2 峰强度的增加而增加, 呈现一定的相关性。

图 3 是 p_1 、 p_3 峰的频率及晶格参数 b 、 c 随淬火温度的变化, 从图 3 可见, p_1 峰的频率随晶格参数 b 的减小而增大, p_3 峰的频率随晶格参数 c 的增大而减小。

图 4 是 BiSrCaCu₂O_x 样品在氢气处理前及氢气处理不同时间后的红外谱图, 所显示的频率范围为 $800\sim 250\text{ cm}^{-1}$ 。氢气处理前只有一个吸收峰 $A_1(610\text{ cm}^{-1})$, 氢处理后样品成为半导体, 红外谱中出现 3 个新峰: $A_2(475\text{ cm}^{-1})$ 、 $A_3(450\text{ cm}^{-1})$ 和 $A_4(370\text{ cm}^{-1})$ 。4 个峰的强度均随氢处理时间的增加(即氧空位增多)而增强, 并且, 与 YBa₂Cu₃O_x 的红外峰相比, A 峰很宽。

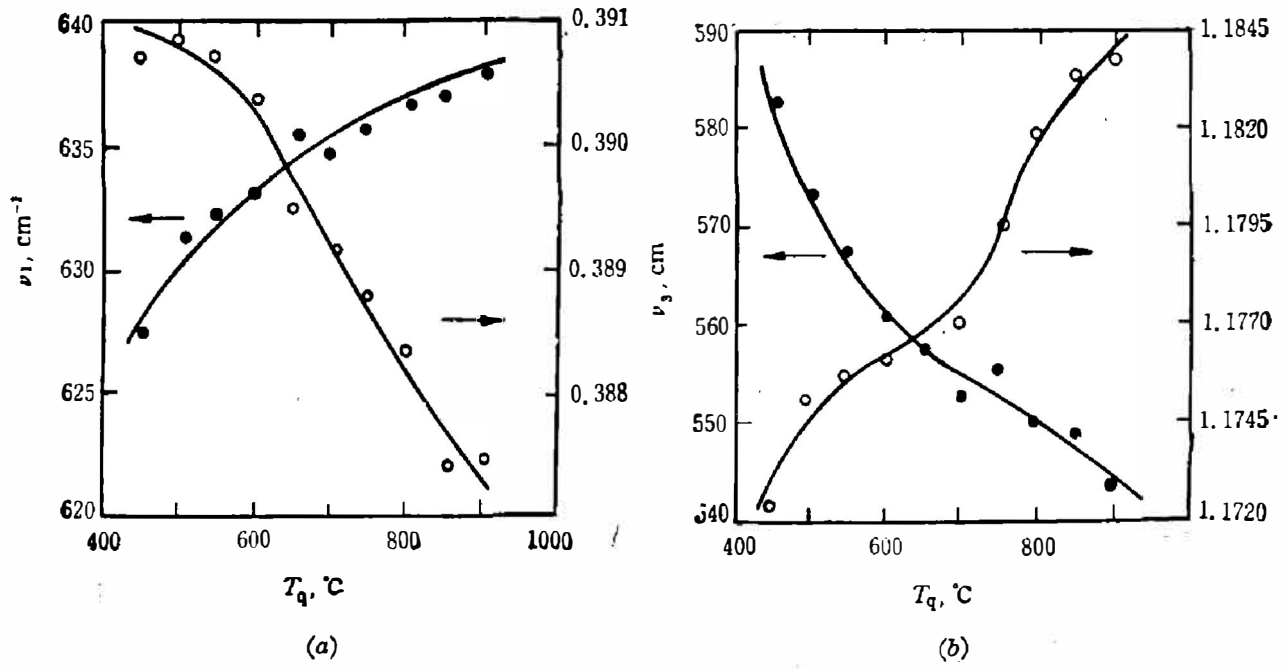


图 3 红外峰频率及晶格参数随淬火温度的变化

(a) ν_1 峰和晶格参数 b (b) ν_3 峰和晶格参数 c

Fig. 3 Variation of frequencies of IR peaks and lattice constants with quenching temperature

(a) peak ν_1 and lattice constant b , (b) peak ν_3 and lattice constant c .

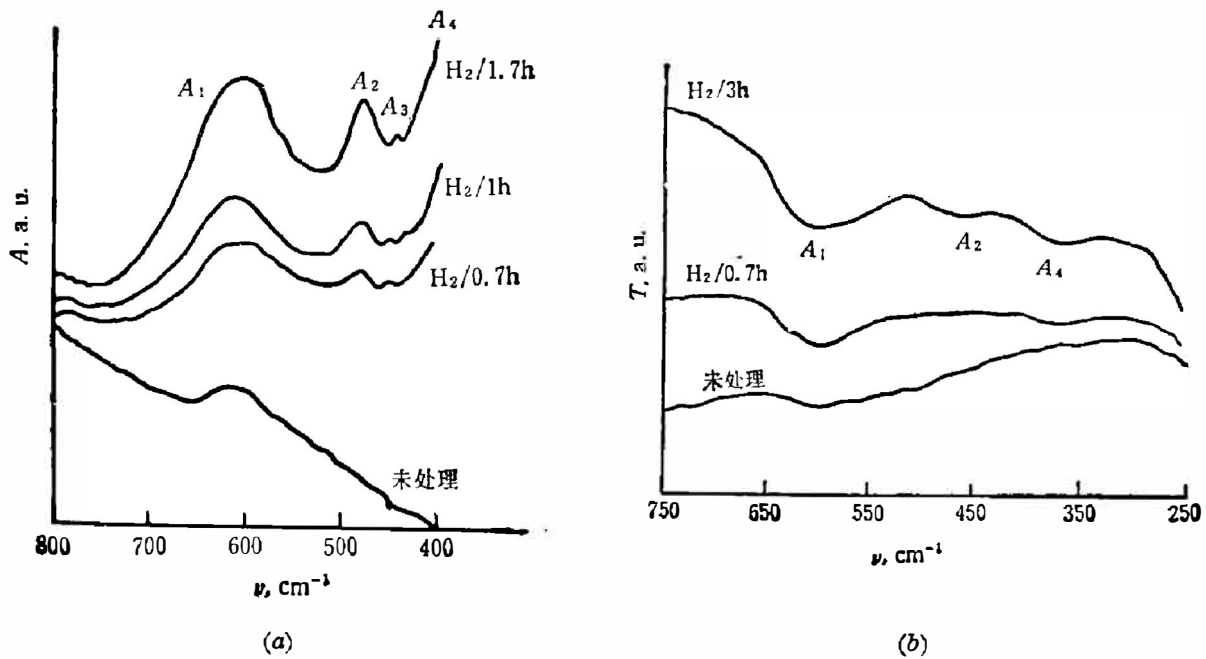


图 4 BiSrCaCu₂O_x 氢气处理前及氢气处理不同时间后的红外谱图

(a) 傅里叶变换光谱仪测量 (b) 由光栅型光谱仪测量

Fig. 4 IR spectra of BiSrCaCu₂O_x before and after hydrogen treatment for different hours.

(a) Measured by Fourier-transform spectrometer,
 (b) Measured by grating infrared spectrophotometer.

4. 讨 论

4.1 红外峰的频率

一般来说, 红外峰的频率取决于振子的键长, 对于同一振子, 当键长减小时, 其振动频率增大. 图 3 中 p_1 峰频率随晶格参数 b 的减小而增大, 由于 1-D Cu—O 链中的 Cu—O 键的键长正比于晶格参数 b , 因此, 将 p_1 峰指认为 1-DCu—O 链中 Cu—O 键的伸缩振动是合理的(对于四方相, 即为 Ba—Ba 层间 a - b 平面内 Cu—O 的伸缩振动). 图 3 中 p_3 峰的频率随晶格参数 c 的增加而增大, 这和 YBa₂Cu₃O₆ Raman 谱中 500 cm⁻¹ 峰的行为相似, 它也随淬火温度升高, 即晶格参数 c 增大, 而向低频端漂移^[10, 12, 17~21], 因为 500 cm⁻¹ 喇曼峰被普遍认为是沿 c 轴的 O—Cu—O 对称振动产生的^[5, 19, 17~25], 因此, 我们将 p_3 峰指认为沿 c 轴的 O—Cu—O 反称振动产生的. 群论分析表明: 对于四方相 YBa₂Cu₃O₆, 在 Γ 点($k=0$) 有 3 个 Cu—O 伸缩振动模^[7], 即: (a) Ba—Ba 层间 a - b 平面内 Cu—O 伸缩振动, (b) Y—Ba 层间 2-D Cu—O 网络中 Cu—O 伸缩振动, (c) 沿 c 轴的 O—Cu—O 反称伸缩振动. 我们将 p_1 峰指认为(a), p_3 峰指认为(c), 剩下的 p_2 指认为(b), 由于 2-D Cu—O 网络是弯曲的(导致 Cu—O 键长增加), 因此 p_2 峰频率低于 p_1 峰频率是合理的. 另外, 从图 2 可见 p_4 和 p_5 的强度分别随 p_1 、 p_2 峰强的增大而增大, 就我们所知, 文献中将 p_4 、 p_5 报道为一个峰 360 cm⁻¹^[6, 6], 根据 p_4 、 p_5 的频率及其强度变化, 我们将它们分别指认为 Ba—Ba 层间 a - b 平面的 Cu—O 及 Y—Ba 层间的 Cu—O 的弯曲振动产生的. 这也说明, 为什么随淬火温度升高, 800~400 cm⁻¹ 频率范围的谱图在 400 cm⁻¹ 处呈强吸收^[16].

从四方相到正交相, 未发现 p_1 峰有明显分裂(由于 $a \neq b$), 这可以解释为当晶格参数 a 、 b 差别较大时, a 轴上的氧占有率很低^[3], 与 b 轴上的 Cu—O 振子相比, a 轴上的 Cu—O 振子数目很少, 当 a 轴上的 Cu—O 振动数目较多时(由于 a 轴上氧原子占有率的增加), 晶格参数 a 、 b 已相差不多. 在四方相 YBa₂Cu₃O₆ 中, 沿 a 轴的 Cu—O 伸缩振动和沿 b 轴的 Cu—O 伸缩振动是简并的.

4.2 红外峰的强度

红外峰强度随淬火温度变化的一个因素是 Stavola 等人^[5, 26] 及 Sugai^[8] 提出的屏蔽效应, 因为高温超导体具有很强的二维金属特性, 因此, 屏蔽效应是各向异性的, 即对沿金属平面内振动的屏蔽很严重, 而对垂直金属面振动的屏蔽较小^[26]. 随样品金属性的减弱, 红外谱中出现金属面内伸缩振动的红外峰, 且强度增加很大, 而垂直于金属面振动产生的红外峰强度变化不大. La_{1-x}Sr_xCuO₄^[26] 及二维金属材料^[8] 中都显示了很强的屏蔽效应. YBa₂Cu₃O₆ 的金属性随氧含量减少而减弱, 进入四方相后(氧含量小于 6.5), 载流子浓度有一陡降^[37], 表明屏蔽效应大大减弱, 这可以说明 p_2 峰的出现及其强度变化. 值得注意的是, 除一维 Cu—O 链缺氧外, 还有其它氧位缺氧^[28~30], 因此, 氧空位浓度不仅仅是一维 Cu—O 链的贡献, 而是不同于氧位上空位贡献之和. 同时, 没有可靠的证据表明, 在温度很高时, Ba—Ba 层间 a - b 平面内几乎没有氧原子. 这一事实及屏蔽效应, 可解释 p_1 峰的强度变化.

对于红外峰强度的变化, 我们在文献[7]中提出了由于氧空位诱发的空位附近 Cu—O 的准局域振动产生红外峰, 其强度与氧空位浓度成正比.

因此,对于 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 红外吸收峰的强度变化,需考虑屏蔽效应和氧空位浓度两个因素.对 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ 的研究^[26]表明其屏蔽效应很强,而 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 的屏蔽效应随氧含量的减少而减弱,使红外峰强度增加.另一方面,氧空位的出现诱发准局域模,从而对红外峰强度也有一定贡献.以下事实可以说明这一点:霍尔效应^[27]及室温电阻率^[12]测量表明,650°C 以下淬火样品(氧含量大于 6.5)屏蔽效应无明显变化,但图 2 中 p_1 峰强度随淬火温度变化(350°C~650°C)有明显变化.对于红外吸收峰强度的变化,还需做进一步的研究.有关屏蔽效应和准局域振动的一些理论计算正在进行中.

4.3 p_1 峰的本质

由于 Ba-Ba 层间 a - b 平面内氧原子占有率随淬火温度升高而发生相应的变化,有必要对与之相关的 p_1 峰做一分析.

根据参考文献[1],随着温度升高,Ba-Ba 层间 a - b 平面内 b 轴上的氧占有率 n_b 由初始值 0.8 逐渐减小, a 轴上的氧占有率 n_a 在 500°C 以前几乎为零;当温度高于 500°C 时, n_a 逐渐增大,温度为 600°C 时, n_b 为 0.5, n_a 为 0.08,这时氧含量 x 约为 6.6;当温度接近 670°C 时, n_a 、 n_b 均为 0.25 左右,此时,发生正交相-四方相(O-T)转变(氧含量约为 6.5),进入四方相后, n_a 、 n_b 均减小.

我们根据参考文献[1]的结果分析 Ba-Ba 层间 a - b 平面内 Cu—O 伸缩振动情况.(1)当

n_b 为 0.5 时,平均来看,一维 Cu—O 链变为 $\dots \square - \text{Cu} - \text{O} - \text{Cu} - \square - \text{Cu} - \text{O} - \text{Cu} - \square \dots$,
即氧空位有序,这样,由于 $\square - \text{Cu} - \text{O} - \text{Cu} - \square$ 基元而产生的 Cu—O 局域振动模,根据

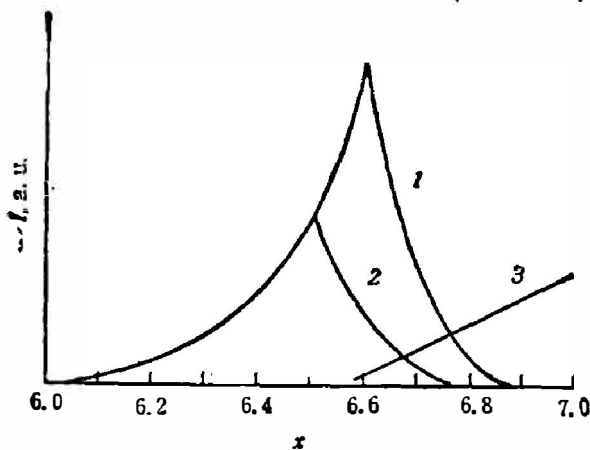


图 5 根据氧占有率变化分析 p_1' 、 p_1'' 、 p_1''' 强度随含氧量变化的示意图 1: p_1' , 2: p_1'' , 3: p_1'''

Fig. 5 Schematic diagram of the intensity variation of p_1' 、 p_1'' and p_1''' with oxygen content analysed according to the variation of oxygen occupation.

n_b 、 n_a , 可知 b 轴上局域模(p_1')的峰强约为 a 轴上局域模(p_1'')峰强的 5 倍,而且,由于晶格参数 a 比 b 大, p_1'' 的频率高于 p_1' 的频率.此时几乎没有很长的 Cu—O 链,而是

$\square - \text{Cu} - \text{O} - \text{Cu} - \square$ 基元,因此 p_1 是 Ba—

Ba 层间 a - b 平面内 Cu—O 振动的主要成分.(2)当氧含量 x 从 6.6 减小时, n_b 从 0.5 减小, n_a 从 0.08 增大,因此, p_1' 峰减弱, p_1'' 峰增强,在氧含量 x 为 6.5 左右,发生四方相转变, p_1' 和 p_1'' 合二为一.在此阶段, p_1' 仍然是 p_1 的主要成分,因为当 p_1'' 较强时,晶格参数 a 、 b 相差不大, p_1'' 的频率和 p_1' 的频率已十分接近.(3)当氧含量大于 6.6 时,Ba—Ba 层间 a - b 平面内 Cu—O 的伸缩振动包括

p_1' 、 p_1'' 和 p_1''' ,其中 p_1''' 为链内 Cu—O 反称伸缩振动, p_1' 为链两端 Cu—O 的准局域振动.图 5 表明 p_1 峰各成分随氧含量的变化(未计及屏蔽效应).在正交相中, b 轴上的 Cu—O 伸缩振动是 p_1 峰的主要成分,四方相中, a 轴和 b 轴上的 Cu—O 伸缩振动是简并的,这和 p_1

峰频率随晶格参数 b 的变化是相符的。

Stavola 等人^[5]根据他们的研究结果,没有对 p_1 峰做具体指认,只是简单地将它与 p_1 峰归为一类,即与二维 Cu—O 网络有关, Burns 等人^[6]则将 p_1 峰指认为沿 c 轴的 O—Cu—O 反对称伸缩振动产生的。这些指认上的混乱主要是因为未注意到红外吸收峰的变化与 YBa₂Cu₃O_x 其它变化的一些相关性导致的。

4.4 BiSrCaCu₂O_x 红外峰的指认

对于 BiSrCaCu₂O_x 样品,前面的结果表明可以通过氢处理方法在其结构中引入氧空位而不破坏其结构,氧空位对 BiSrCaCu₂O_x 的超导性能和晶胞体积有很大影响,并且,在空气中退火吸氧后,样品恢复其超导电性^[4]。

图 4 中有 4 个红外吸收峰,根据对 La_{2-x}Sr_xCuO₄、YBa₂Cu₃O_x 红外光谱研究结果,对其指认如下: A_1 和 A_2 分别与 Cu—O 及 Bi—O 平面内 Cu—O 和 Bi—O 的伸缩振动有关,因为它们的峰强随样品变为半导体后有一突变,这个指认也与它们的键长相符,即 Cu—O 为 0.191 nm, Bi—O 为 0.271 nm^[31], 对于 Bi—Sr—Ca—Cu—O 的结构,可参阅文献 [31], A_4 与 Cu—O 及 Bi—O 面内 Cu—O 和 Bi—O 的弯曲振动有关,这与 YBa₂Cu₃O_x 中 p_4 (410 cm⁻¹) 及 p_6 (360 cm⁻¹) 相似, A_3 较弱总是出现在半导体 BiSrCu₂O_x 红外谱中,对它的指认,需进一步的研究。Cardona^[32] 及 Stavola^[31] 等人在 Bi—Sr—Ca—Cu—O 的喇曼光谱中,发现了沿 c 轴对称振动的 Bi—O—Cu—O—Bi 峰,频率约为 480 cm⁻¹, 但在红外光谱中,我们未发现与之相应的红外峰,即沿 c 轴反对称振动的 Bi—O—Cu—O—Bi, 这可能是由于 A_1 峰较宽,把它掩盖了。

比较 La_{2-x}Sr_xCuO₄、YBa₂Cu₃O_x 和 BiSrCaCu₂O_x 的红外光谱,可以发现一些共同点。当样品成为半导体时,在 700~450 cm⁻¹ 频率范围内,出现一些吸收峰,且强度变化很大(对于 La_{2-x}Sr_xCuO₄ 可参阅文献 [33]),相应地,在 410~360 cm⁻¹ 频率范围内,出现一些吸收峰,它们的强度变化和 700~450 cm⁻¹ 范围内峰强度的变化相似。

5. 结 论

根据红外峰频率及晶格参数的变化,我们进一步肯定了以前对 YBa₂Cu₃O_x 红外吸收峰的指认。即 p_1 是由于 Ba—Ba 层间 a - b 平面内 Cu—O 伸缩振动产生的; p_2 峰是 Y—Ba 层间 2-D Cu—O 网络中 Cu—O 伸缩振动产生的; p_3 是沿 c 轴的 O—Cu—O 反对称振动产生的。一个新峰 p_4 、及 p_5 被分别指认为 Ba—Ba 层间 a - b 平面内 Cu—O 及 Y—Ba 层间 2-D Cu—O 网络中的 Cu—O 弯曲振动产生的,同时,对红外峰的强度变化进行了讨论。另外,我们研究了不同氧含量 BiSrCaCu₂O_x 样品的红外谱,在 800~250 cm⁻¹ 频率范围内,发现 4 个吸收峰, A_1 (610 cm⁻¹) 被指认为 Cu—O 面中的 Cu—O 伸缩振动产生的, A_2 (475 cm⁻¹) 是 Bi—O 面中的 Bi—O 伸缩振动产生的; A_4 (370 cm⁻¹) 是 Cu—O 面及 Bi—O 面内 Cu—O 和 Bi—O 的弯曲振动产生的, A_3 (450 cm⁻¹) 需进一步研究。

致谢——作者感谢张宏副研究员、周锴尤、彭莹、蔡培新及顾为芳等同志在本工作中所给予的帮助及有益的讨论。

参 考 文 献

- [1] Jorgensen J. D. et al., *phys. Rev.*, **B36** (1987), 7:3608.
 [2] Cava R. J. et al., *Phys. Rev.*, **B36** (1987), 10:5719.
 [3] Locquet J. P. et al., *Solid State Commun.*, **66** (1988), 4:393.
 [4] Zhao Yonggang et al., *Physica C: Superconductivity*, to be published
 [5] Stavola M. et al., *Phys. Rev.*, **B36** (1987), 1:850.
 [6] Burns G. et al., *Solid State Commun.*, **64** (1987), 4:471.
 [7] Shi T. S. et al., *Phys. Stat. Sol.*, (b) **148** (1988), 1:715.
 [8] Sugai S., *Phys. Rev.*, **B36** (1987), 13:7133.
 [9] Saito Y. et al., *Solid State Commun.*, **64** (1987), 7:1047.
 [10] Thomsen C. et al., *Solid State Commun.*, **65** (1988), 1:55.
 [11] Crawford M. K. et al., *phys. Rev.*, **B37** (1988), 7:3371.
 [12] Kuzmany H. et al., *Solid State Commun.*, **65** (1988), 11:1343.
 [13] Taylor K. N. R. et al., *J. Phys.*, **C21** (1988), 15: L489.
 [14] Onari S. et al., *Solid State Commun.*, **66** (1988), 3:303.
 [15] Zhao Yonggang et al., *Solid State Commun.*, **68** (1988), 9:847.
 [16] 赵永刚等, *红外研究*, **7A** (1988), 4: 315.
 [17] Hangyo M. et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **65** (1988), 8: 835.
 [18] Krol D. M. et al., *Phys. Rev.*, **B36** (1987), 16:8325.
 [19] Bhadra R. et al., *Phys. Rev.*, **B37** (1988), 10: 5142.
 [20] Yamanaka A. et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **26** (1987), 8: L1404.
 [21] Zhang Shulin et al., *Solid State Commun.*, **66** (1988), 6: 657.
 [22] Cardona M. et al., *Solid State Commun.*, **64** (1987), 5:727.
 [23] Iqbal Z. et al., *Phys. Rev.*, **B36** (1987), 4:2283.
 [24] Thomsen C. et al., *Solid State Commun.*, **65** (1988), 10: 1139.
 [25] Hadjiev V. G. and Iliev M. N., *Solid State Commun.*, **66** (1988), 4:451.
 [26] Stavola M. et al., *phys. Rev. Lett.*, **58** (1987), 15:1571.
 [27] Wang Z. Z. et al., *Phys. Rev.*, **B36** (1987), 13: 7222.
 [28] Kwok W. K. et al., *Phys. Rev.*, **B35** (1988), 1:106.
 [29] McIntyre G. J. et al., *Phys. Rev.*, **B37** (1988), 10:5148.
 [30] Yan Q. W. et al., *Phys. Rev.*, **B37** (1988), 10: 5345.
 [31] Stavola M. et al., *Phys. Rev.*, **B36** (1988), 7: 5110.
 [32] Cardona M. et al., *Solid State Commun.*, **65** (1988), 12:1225.
 [33] Oh-ishi K. et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **26** (1987), 4: L484.

INVESTIGATIONS ON THE IR SPECTRA OF YBa₂Cu₃O_x AND BiSrCaCu₂O_x

ZHAO YONGGANG, XIE LEIMING, ZHONG FUMING,

CHEN JIANMING, SHI TIANSHEN

(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica, Shanghai, China)

ABSTRACT

The assignments for the p_1 , p_2 and p_3 peaks in IR spectra of YBa₂Cu₃O_x are further investigated. The variations of lattice constants b , c and frequencies of p_1 and p_3 with quenching temperature are measured. Other two peaks, p_4 (410 cm⁻¹) and p_5 (360 cm⁻¹), are reported and assigned to the Cu—O bending vibration of Cu—O between Ba—Ba layers and Y—Ba layers, respectively. The IR absorption spectra of BiSrCaCu₂O_x with different oxygen contents are also studied and assignments for these IR peaks are made.