

$\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 的代换效应 及其中子衍射研究

杨应昌 查元勃 袁惟淳

北京大学物理系,北京,100871

杨继廉 张百生 周薰明
丁永凡 金 兰 叶春堂

中国原子能科学研究院,北京,102413

1989年3月27日收到

X射线衍射实验表明 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ ($\text{M} = \text{Ti}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Cu}$ 和 Zn) 均为单相结构. $\text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$ 和 Zn 对 Cu 的替代使超导临界温度 T_c 显著下降,而同样含量的 $\text{Ti}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Mn}$ 对 Cu 的替代并未对超导性能产生显著影响. 并利用中子衍射分析了 $\text{Ti}, \text{Mn}, \text{Fe}$ 和 Co 对 Cu 原子的取代,发现代换原子对 Cu 的两个晶位各自存在不同的择优占据,从而为分析不同晶位 Cu 在超导机制中的作用提供了依据. 同时,本文研究了 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 的磁性,讨论了用 3d 金属离子代换 Cu 离子时对磁性的影响,以及磁性与超导性能之间的联系.

PACC: 6112G; 7470Y

一、引 言

为研究 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 氧化物高 T_c 的超导机制,已进行了不少代换研究. 发现用稀土离子对 Y 的代换对 T_c 影响不大^[1-3]. 而用其它原子对 Cu 的代换,则对超导性质产生显著影响^[4-6]. 在 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 的结构中, Cu 具有两种不同的晶位. 但是,就 Cu-O 面与 Cu-O 链对超导的贡献问题,存在着不同的看法. Jorgenson 等人认为 Cu-O 链对 T_c 的作用重大^[2,7,8], 而 Miceli 等人则持不同看法^[9,10]. 因此,若能从实验上观测和分析不同晶位的 Cu 原子对超导性能的影响将是很有意义的. 为此,我们在保证单相的条件下,以 3d 过渡金属部分地取代 Cu , 研究取代对超导体性能的影响,并利用中子衍射分析替代原子对 Cu 的两种不同晶位的占据分布. 这样,把代换效应的研究作为一个探针,有可能对分析 Cu-O 链与 Cu-O 面在超导机制中的作用,提供有益的信息.

二、实验方法

以常规方法制备 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 样品,其中 $\text{M} = \text{Ti}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Co},$

Ni, Cu 和 Zn. 首先将 Y_2O_3 , $BaCO_3$, CuO 以及相应替代元素的氧化物或碳酸盐粉末按比例混合并研磨. 之后在空气中 960°C 下烧结 6h, 取出后研磨, 再次在相同条件下烧结 10h, 取出后再经研磨, 压型制成直径约 15mm, 厚约 1mm 的薄片, 在氧气环境中升温至 960°C 烧结 20h, 随炉降温至 900°C 保持 6h, 再随炉降温至 680°C 退火 30h. 最后缓慢地随炉冷却至室温.

利用 X 射线粉末衍射方法分析了样品的晶体结构, 所研究的样品都具有单相的缺氧钙钛矿变型结构. 用四电极法测量电阻在低温下随温度的变化关系. 在 1.5 至 100K 温度范围内观察 Meissner 效应, 在 120 至 300K 范围内测量样品正常态下的磁化率及其随温度变化曲线, 外加磁场 $H = 60\text{Oe}$.

此外, 在室温下对 $YBa_2(Cu_{0.95}M_{0.05})_3O_{7-\delta}$ (其中 $M = \text{Ti, Mn, Fe, Co}$) 样品进行了中子衍射谱的观测和分析. 中子衍射实验是在中国原子能科学研究所的二轴中子衍射仪上进行的, $\lambda = 1.184 \text{ \AA}$. 样品装在直径为 5mm 的钒样品盒内. 测量的角范围为 $4^\circ \leq 2\theta \leq 88^\circ$, 步进宽度为 0.2° . 用衍射峰的形状分析法 (Profile) 对数据进行了分析^[11]. 由于 Ti, Mn, Fe, Co 与 Cu 的核散射长度有很大差别, $b_{\text{Ti}} = -0.34$, $b_{\text{Mn}} = -0.39$, $b_{\text{Fe}} = 0.95$, $b_{\text{Co}} = 0.25$, $b_{\text{Cu}} = 0.76$ (单位为 10^{-12}cm), 所以, 对于分辨上述原子在不同 Cu 晶位上的占据情况, 中子衍射是一种极有效的工具.

三、结果与讨论

1. 晶体结构

粉末 X 射线衍射谱线表明样品均为单相结构. $YBa_2(Cu_{0.95}M_{0.05})_3O_{7-\delta}$ 的晶格常数列于表 1.

表 1 $YBa_2(Cu_{0.95}M_{0.05})_3O_{7-\delta}$ 的晶格常数

	Ti	v	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
$a (\text{Å})$	3.829	3.826	3.832	3.828	3.862	3.867	3.826	3.839	3.832
$b (\text{Å})$	3.892	3.826	3.895	3.889	3.889	3.889	3.888	3.894	3.893
$c (\text{Å})$	11.66	11.89	11.70	11.61	11.61	11.61	11.65	11.72	11.71
$V (\text{Å}^3)$	173.9	174.1	174.2	173.9	174.5	174.5	173.3	175.2	174.7

表 2 $YBa_2(Cu_{1-x}M_x)_3O_{7-\delta}$ 的晶格常数

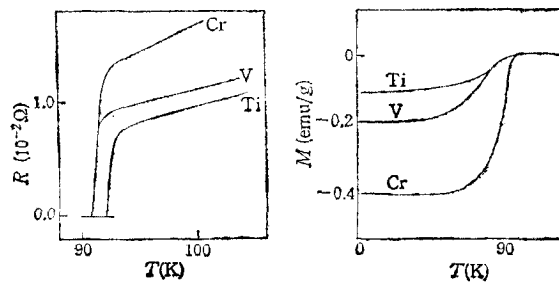
x	$a (\text{Å})$	$b (\text{Å})$	$c (\text{Å})$	$V (\text{Å}^3)$
0.00	3.8448	3.8988	11.6925	174.99
0.01	3.8394	3.8942	11.6885	174.93
0.03	3.8322	3.8926	11.6850	174.91
0.05	3.8278	3.8912	11.6730	173.87

表 2 列出 $YBa_2(Cu_{1-x}M_x)_3O_{7-\delta}$ 系列样品的晶格常数随 Mn 含量 x 的变化. 这是在

同一条件下制备的样品,其中 $x = 0.00, 0.01, 0.03$ 和 0.05 。从离子半径的数值来考虑, M^{2+} 大于 Cu^{2+} 。而 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{1-x}\text{Mn}_x)_3\text{O}_{7-\delta}$ 的晶胞体积随 Mn 含量的增加而递减。一方面,这意味着 Mn 离子进入了晶格之内,同时,这也表明存在 Cu^+ 离子。

2. 超导转变温度

表 3 总结了超导转变温度 T_c 。 T_c 由两种方法测得。一种是在电阻 R 随温度变化的曲线上定义零电阻时的温度为 $T_c(\rho_0)$, 从 $\rho-T$ 曲线上看, 转变宽度约为 2K 。另一种是根据 Meissner 效应测定的, 在低温下的 $\chi-T$ 曲线上定义磁化率 $\chi = 0$ 时的温度为 $T_c(\chi_0)$ 。作为示例, 图 1(a) 为 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{Ti}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$, $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{V}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 和 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{Cr}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 的 $R-T$ 曲线。图 1(b) 为它们的 $\chi-T$ 曲线。可以看出这两种方法测得的 T_c 虽略有差别, 但基本上是相符的。



(a) $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 的 $R-T$ 曲线
M = Ti, V, Cr

(b) (a) 中样品的 $M-T$ 曲线
 $H = 60\text{Oe}$

图 1

表 3 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 的超导转变温度

	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
$T_c(\rho_0)(\text{K})$	91.5	90.9	90.9	85.5	66.3	62.1		91.3	
$T_c(\chi_0)(\text{K})$	93.5	93.5	90.9	89.8	73.7	74.3	75.7	96.2	56.0

从上述实验结果来看, 在 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 中, 以 3d 过渡金属离子对 Cu 进行置换时, 对超导转变温度的影响可分为两类: 以 Fe, Co, Ni, Zn 等离子对 Cu 离子的置换使超导转变温度显著下降, 这一结果与 Xiao 等人^[4]的报道是一致的。但在同样含量下用 Ti, Mn, Cr, V 等离子对 Cu 进行代换时, 对超导性能未观测到破坏性影响, 被代换后的样品仍保持高超导转变温度。

3. 磁学性质

在温度高于超导转变温度的情况下, 测量处于正常状态的 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 的

表 4 $T = 150\text{K}$ 下 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 的磁化率

	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
$\chi(10^{-2}\text{emu/g})$	4.01	3.46	2.56	3.59	8.62	7.80	4.12	1.57	3.00

磁化曲线。表 4 列出温度 $T = 150\text{K}$ 时 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 的磁化率。

对比表 3 与表 4, 可以看出样品的超导转变温度 T_c 与磁化率 χ 之间存在着反对应关系, 见图 2。从 Ti 到 Mn, 在所研究的成分范围内, 对 Cu 进行代换时, 对超导转变温

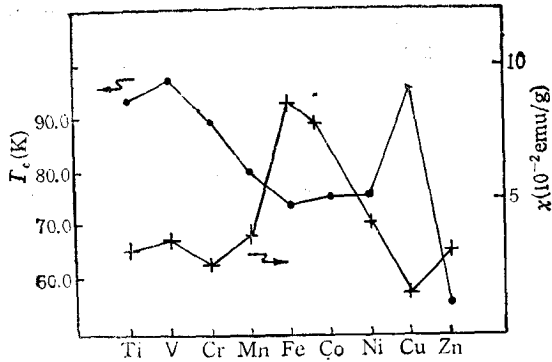


图 2 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 的超导转变温度 T_c 和 150K 下的磁化率 χ

度的影响不大, 它们的磁化率较小。而用 Fe, Co, Ni 替代时, 磁化率加大, 同时超导转变温度急剧下降。这种反对应关系意味着磁性对超导性有不利作用。只有 Zn 的替代例外, Zn 离子是满壳层的, 而超导转变温度也大幅度降低。

为进一步观测超导性与磁性之间的关系, 在 100 至 300K 的温度范围内, 测量了 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 和 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{Fe}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 的磁化率随温度的变化。所测样品的磁化率与温度关系的实验数值可统一采用下式来拟合:

$$\chi = \chi_0 + NP_{\text{eff}}^2\mu_B^2/3k(T - T_0). \quad (1)$$

其中符号右端第 1 项 χ_0 为与温度无关的部分, 来源于物体的抗磁性或泡利顺磁性或泡利反铁磁性; 第 2 项为居里-外斯定律, 反映物质的顺磁性; N 为物质的磁性离子密度; P_{eff} 为以 μ_B 为单位的磁性离子有效磁矩; T_0 为居里-外斯温度。根据 $\chi-T$ 的实验值用计算机拟合所得的 χ_0 , T_0 和 P_{eff} 值以及相应的自由离子磁矩有效值的理论值 $P_{M^{2+}}$ 均列于表 5。图 3 给出拟合的 $\chi-T$ 曲线与实验值的比较。从图 3 中可以看出, 拟合结果与实验值符合得很好。

表 5 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 和 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{Fe}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 在 150K 下的磁化率 $\chi_{150\text{K}}$, 计算机拟合的 χ_0 , T_0 和 P_{eff} , 以及自由离子磁矩 $P_{M^{2+}}$

M	$\chi_{150\text{K}}$ (10^{-2}emu/g)	χ_0 (10^{-2}emu/g)	T_0 (K)	P_{eff} (μ_B)	$P_{M^{2+}}$ (μ_B)
Cu	1.57	2.52	-0.614	0.4003	1.9
Fe	8.62	0.22	-43.9	5.080	5.4

可以认为 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 的磁性完全来源于 Cu 离子, 可根据实验中观测的 $\chi-T$ 曲线分析在 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 中 Cu 离子的磁性和磁矩。实验表明, $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 的磁化率几乎不随温度变化, 见图 3。也就是说, $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 的 $\chi-T$ 曲线观测值主要是由(1)式等号右端第 1 项 χ_0 贡献的, 与温度有关的第 2 项可以忽略。这一特征表明 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 的磁性属于泡利顺磁性或泡利反铁磁性。(二者的磁化率都是正的, 与温度无关。但二者的区别无法用磁测量判断。)从而表明在 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 中 Cu 离子的磁矩不是定域化的, Cu 离子的 3d 电子完全不能用定域化模型来处理。所测得的 Cu 离子的有效磁矩值很小, $P_{\text{Cu}} \approx 0.4003\mu_B$, 远低于自由 Cu^{2+} 离子的磁矩值 $P_{\text{Cu}^{2+}} = 1.9\mu_B$ 。

图 3 表明, $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{Fe}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 所拟合的 $\chi-T$ 曲线具有居里-外斯定律的形式。

其磁化行为主要由(1)式等号右端第 2 项来描述. 利用单离子模型, 假设 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95} \cdot \text{Fe}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 的磁性是由 Cu 离子与 Fe 离子迭加而成, 并假设 Cu 离子的磁矩可采用 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 的结果, 即利用(2)式可计算 Fe 离子的磁矩值 P_{Fe} .

$$0.05P_{\text{Fe}}^2 + 0.95P_{\text{Cu}}^2 = P_{\text{eff}}^2. \quad (2)$$

其中 0.05 和 0.95 分别为 Fe 和 Cu 的相对离子浓度, P_{eff} 为样品的总有效磁矩. 从表 5 看出, Fe 离子的磁矩与 Fe^{2+} 自由离子的磁矩值接近.

由此我们可以得出结论, 在 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 中, Cu 离子完全不具有定域化磁矩. $\text{YBa}_2 \cdot \text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 的磁性是泡利顺磁性或泡利反铁磁性. 而以 Fe 离子取代 Cu 离子时, Fe 离子具有定域化的磁矩. $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{Fe}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 呈现居里-外斯型顺磁性.

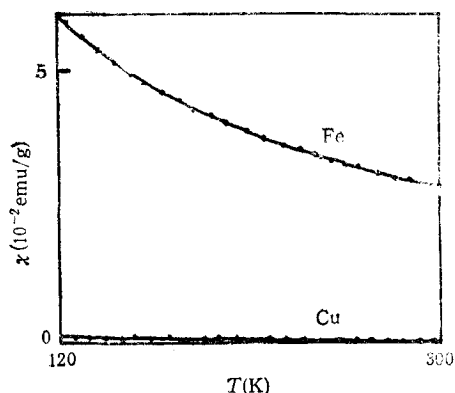


图3 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 和 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{Fe}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 的 χ - T 实验点和计算机拟合曲线

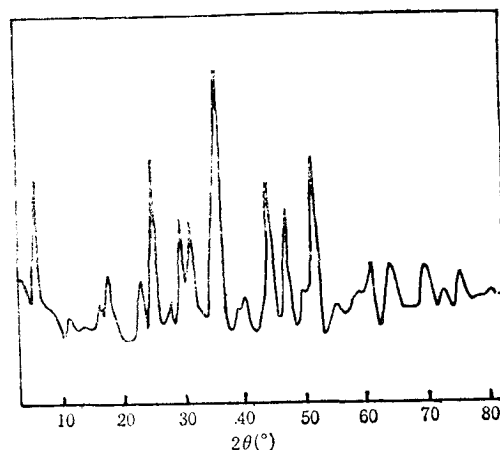


图4 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{Ti}_{0.05})_3\text{O}_7$ 的中子衍射谱线

表6 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{Ti}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 中子衍射拟合结果

	x	y	z	N
Y_{1h}	0.5	0.5	0.5	1.0
Ba_{2i}	0.5	0.5	0.1983	2.0
Cu_{1d}	0.0	0.0	0.0	1.0
Ti_{1d}	0.0	0.0	0.0	0.0
Cu_{2g}	0.0	0.0	0.3608	1.850
Ti_{2g}	0.0	0.0	0.3608	0.150
O_{2g}	0.0	0.0	0.1673	1.726
O_{2i}	0.5	0.0	0.3843	1.904
O_{2j}	0.0	0.5	0.3850	2.000
O_{1a}	0.0	0.5	0.0	1.000
O_{1b}	0.5	0.0	0.0	0.221
$R\%$		3.43		
$R_{\text{exp}}\%$		5.65		
χ^2		2.83		

4. 中子衍射研究

上述实验结果表明, 当用 3d 金属离子 M 对 Cu 离子进行置换时, 对超导性能的影响

表 7 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{Mn}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 中子衍射拟合结果

	x	y	z	N
Y_{1b}	0.5	0.5	0.5	1.0
Ba_{2f}	0.5	0.5	0.1989	2.0
Cu_{1a}	0.0	0.0	0.0	0.889
Mn_{1a}	0.0	0.0	0.0	0.111
Cu_{2g}	0.0	0.0	0.3598	1.961
Mn_{2g}	0.0	0.0	0.3598	0.039
O_{2g}	0.0	0.0	0.1532	1.767
O_{2f}	0.5	0.0	0.3956	1.834
O_{2e}	0.0	0.5	0.3841	2.000
O_{1e}	0.0	0.5	0.0	1.000
O_{1b}	0.5	0.0	0.0	0.221
$R\%$				3.86
$R_{\text{exp}}\%$				6.25
χ^2				3.41

表 8 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{Fe}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 中子衍射拟合结果

	x	y	z	N
Y_{1b}	0.5	0.5	0.5	1.0
Ba_{2f}	0.5	0.5	0.1821	2.0
Cu_{1a}	0.0	0.0	0.0	1.0
Fe_{1a}	0.0	0.0	0.0	0.0
Cu_{2g}	0.0	0.0	0.3559	1.850
Fe_{2g}	0.0	0.0	0.3559	0.150
O_{2g}	0.0	0.0	0.1577	1.851
O_{2f}	0.5	0.0	0.3812	1.908
O_{2e}	0.0	0.5	0.3744	2.000
O_{1e}	0.0	0.5	0.0	1.000
O_{1b}	0.5	0.0	0.0	0.133
$R\%$				2.67
$R_{\text{exp}}\%$				4.24
χ^2				3.33

可以分为两类。一类是 $M = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Zn}$ 等，置换后样品的超导转变温度急剧下降。另一类是 $M = \text{Ti}, \text{Mn}, \text{Cr}$ 等，以同样的浓度置换后样品仍然保持高超转变温度。在 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ 中，Cu 有两种不同的晶位， Cu_{1a} 与 Cu_{2g} 。为分析这些置换离子在不同晶位上的分布，对 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ ($M = \text{Ti}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Co}$ 等) 样品进行了中子衍射分析研究。作为示例，图 4 为 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{Ti}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ 的中子衍射谱线。其余样品的谱线具有与此相似的形状。表 6 至表 9 为 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ ($M = \text{Ti}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Co}$) 中子衍射谱线的拟合结果。

表 6 至表 9 表明，当用 $\text{Ti}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Co}$ 等离子对 Cu 离子进行代换时，置换后的样品具有结构有序性。 Ti 和 Fe 都是占据 Cu-O 面上的 Cu_{2g} 晶位，而 Mn 和 Co 则择尤替代 Cu-O 链上的 Cu_{1a} 晶位。考虑到 Mn 和 Co 的第一氧化态都是 +2 价，而

表 9 $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{Co}_{0.05})_3\text{O}_{7-x}$ 中子衍射拟合结果

	x	y	z	N
Y_{1b}	0.5	0.5	0.5	1.0
Ba_{2f}	0.5	0.5	0.1816	2.0
Cu_{1a}	0.0	0.0	0.0	0.850
Co_{1a}	0.0	0.0	0.0	0.150
Cu_{2d}	0.0	0.0	0.3576	2.0
Co_{2d}	0.0	0.0	0.3576	0.0
O_{2g}	0.0	0.0	0.1572	1.884
O_{2i}	0.5	0.0	0.3801	1.757
O_{2f}	0.0	0.5	0.3755	2.000
O_{1e}	0.0	0.5	0.0	1.000
O_{1b}	0.5	0.0	0.0	0.098
$R\%$	2.57			
$R_{\text{exp}}\%$	4.24			
χ^2	3.18			

Ti 和 Fe 的 +3 价氧化态都较 +2 价氧化态稳定, 由此可以认为 Ti, Mn, Fe, Co 对不同晶位的择优占据取决于它们是 +2 价还是 +3 价。另外, 从超导转变温度来看, 用 Ti 或 Mn 替换 Cu 时, 替代后的样品 T_c 都较高, 而同样含量的 Fe 或 Co 替代后的样品 T_c 都降低了很多, 这说明 T_c 虽然可以发生很大的变化, 但并非取决于 Cu 离子在哪个晶位上被替代。从这一实验结果来看, Cu 的两个晶位, 或者说 Cu-O 面和 Cu-O 链, 对超导机制的作用相当。

本工作得到国营 798 厂和张药西总工程师热情支持, 谨此致谢。

- [1] S. K. Malik *et al.*, *Solid State Commun.*, **65**(1988).
- [2] J. M. Tarascon *et al.*, *Phys. Rev.*, **B36**(1987), 16.
- [3] J. R. Thompson *et al.*, *Phys. Rev.*, **B37**(1988), 9395.
- [4] G. Xiao *et al.*, *Phys. Rev.*, **B35**(1987), 8782.
- [5] Y. Maeno *et al.*, *Nature*, **328**(1987), 512.
- [6] P. Strobel *et al.*, *Solid State Commun.*, **65**(1988), 585.
- [7] J. D. Jorgenson *et al.*, *Phys. Rev.*, **B36**(1987), 5731.
- [8] W. Y. Hsu *et al.*, *Phys. Rev.*, **B37**(1988), 5824.
- [9] P. F. Miceli *et al.*, *Phys. Rev.*, **B37**(1988), 5932.
- [10] J. Langen *et al.*, *Solid State Commun.*, **65**(1988), 973.
- [11] H. M. Rietveld, *J. Appl. Crystallogr.*, **2**(1969), 65.

SUBSTITUTION EFFECTS AND NEUTRON DIFFRACTION STUDY OF $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$

YANG YING-CHANG ZHA YUAN-BO YUAN WEI-CHUN

Department of Physics, Peking University, Beijing, 100871

YANG JI-LIAN, ZHANG BAI-SHENG ZHOU HUI-MING

DING YONG-FAN JIN LAN YE CHUN-TANG

Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275, Beijing, China, 102413

(Received 27 March 1989)

ABSTRACT

$\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ were identified as single phase with $\text{M}=\text{Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu}$ and Zn . Substitution of Fe, Co, Ni and Zn for Cu makes T_c decrease significantly, while at the same content, no destructive effect on T_c was observed in the replacement of Cu with Ti, V, Cr and Mn . The site occupation of Ti, Mn, Fe and Co ions has been investigated by using neutron diffraction technique, and strong site preference for these ions were observed. Based on these results, the two different Cu sites and their relationship to the superconductivity in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ are discussed. The substitution effect for copper on magnetic properties in $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{0.95}\text{M}_{0.05})_3\text{O}_{7-\delta}$ and the correlation between magnetic and superconducting properties are reported.

PACC: 6112G; 7470Y