



دانشکده علوم
گروه فیزیک

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
در رشته فیزیک حالت جامد

عنوان:

تحلیل داده های SRS در انتقال فاز ساختاری YBCO

استاد راهنما:

دکتر بهرام خوشنویسان

بوسیله:

مریم عزتی

اسفند ماه ۱۳۸۴

تاریخ:

شماره:

پیوست:

شماره دانشجویی: ۸۲۱۷۹۰۰۳

نام و نام خانوادگی دانشجوی: مریم عزتی

دانشکده: علوم

رشته: فیزیک

عنوان پایان نامه: تحلیل داده های SRS در انتقال فاز ساختاری YBCO

این پایان نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد ارایه می گردد. دفاع از پایان نامه در تاریخ ۸۴/۱۲/۱۷ مورد تأیید و ارزیابی هیأت داوران قرار گرفت و با نمره ۱۹/۱۳ به عدد: ۱۹/۱۳ و درجه عالی به تصویب رسید. به حروف: نوزده و یک دهم

اعضاء هیأت داوران

عنوان	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱. استاد راهنما:	دکتر بهرام خوشنویسان	استادیار	
۲. استاد مشاور:	دکتر بهرام جزی	استادیار	
۳. متخصص و صاحب نظر از داخل دانشگاه:	دکتر محمد الماسی	استادیار	
۴. متخصص و صاحب نظر خارج از دانشگاه:	دکتر منوچهر بابایی پور	استادیار	
۵. نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه:	دکتر خیرالله پوربرات	استادیار	

تقدیم به پدر بزرگوارم :

که وجودش مایه دلگرمی و امید به زندگی است و قامت استوارش همواره تکیه گاه محکمی برایم بوده و می باشد . زحمات بی دریغش را با هیچ واژه و کلامی نمی توانم سپاس گویم .

تقدیم به مادر مهربانم :

که الفبای عشق و زندگی را از او آموختم . وجود پر مهرش را می ستایم و باید بگویم که مادرم ، زبان و کلامم در قدردانی از زحماتی که برای به ثمر رساندن میوه زندگی ات متحمل شده ای قاصر و ناتوان است .

تقدیم به همسر عزیزم :

که درطول این مدت بهترین یاور و پشتیبانم بود و امروز این موفقیت را مرهون صبر و برد باری و همفکری ایشان هستم .

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خدای را که توفیق کسب دانش و معرفت را به ما عطا فرمود . در اینجا برخود لازم می دانم از تمامی اساتید بزرگوار بویژه اساتید دوره کارشناسی ارشد که در طول سالیان گذشته مرا در تحصیل علم و معرفت و فضایل اخلاقی یاری نموده اند تقدیر و تشکر نمایم .

از استاد گرامی و بزرگوار جناب آقای **دکتر بهرام خوشنویسان** که راهنمایی اینجانب را در انجام تحقیق ، پژوهش و نگارش این پایان نامه تقبل نموده اند نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم .

از جناب آقای **دکتر بهرام جزئی** بعنوان مشاور که با راهنمایی خود مرا مورد لطف قرار داده اند کمال تشکر را دارم .

همچنین از تشریک مساعی آقای **دکتر محمد الماسی** به عنوان استاد داور داخل دانشگاه و آقای **دکتر منوچهر بابائی پور** استاد مدعو خارج از دانشگاه که این پایان نامه را مورد مطالعه قرار داده و در جلسه دفاعیه شرکت نموده اند تشکر می نمایم .

در پایان از جناب آقای **دکتر قریشی** که بعنوان نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه قبول زحمت نموده اند سپاسگزاری می نمایم .

چکیده:

افزایش غلظت اکسیژن، x ، در ماده $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ ($0 < x < 1$) موجب یک گذار از فاز تتراگونال به ارتورومبیک می‌گردد، که در این گذار فاز ماکروساختارهای دوقلوبی در فاز ارتورومبیک شکل می‌گیرند.

وجود دوقلوها باعث بوجود آمدن تغییراتی در الگوی پراش می‌گردد (که به عنوان مثال می‌توان به باریک و تیز شدن پیک (۱۱۰) و همچنین پهن شدگی پیک (۲۰۰) اشاره نمود). اما نکته دیگری که حایز اهمیت است بروز و رشد یک پیک مرکزی است که تئوری نشان می‌دهد همراه با گذار فاز و در اثر پدیده دوقلوبی بوجود می‌آید.

نکته قابل توجه در پالایش الگوهای پراش SRS نمونه پودری YBCO که به روش ریتولد و با استفاده از نرم افزار GSAS انجام گرفته این است که اثرات دوقلوبی در الگوی پراش مشاهده شده (داده) بروز پیدا می‌کند و الگوی پراش محاسبه شده (مدل) دربرگیرنده این اثرات نیست. لذا در این حالت فاز فرضی تتراگونال را وارد نموده تا به مدل در بروز این اثرات (همانند ظهور پیک مرکزی) کمک نماییم تا بهترین برازش ممکن بین داده و مدل بدست آید. اما اگر چه وارد نمودن فاز فرضی تتراگونال در بهبود مقدار χ^2 تاثیر بسزایی دارد اما آنگونه که باید و شاید به مدل در ایجاد پیک مرکزی کمک نمی‌نماید. از این رو در بعضی از پالایشهای صورت گرفته توافق خیلی خوبی بین داده و مدل مشاهده نمی‌گردد. با وجود این مقادیر χ^2 ، ضرایب حرارتی و مکان نسبی اتمها و بروز اثرات دوقلوبی در داده، روند صحیح پالایشهای صورت گرفته را تایید می‌نمایند.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول : شناخت و بررسی ابررسانای YBCO و نقایص دوقلوبی در آن

- ۱-۱- مقدمه ۱
- ۲-۱- تاریخچه ۲
- ۳-۱- آشنایی با ماده $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ ($0 < x < 1$) ۳
- ۴-۱- گذار فاز ساختمانی در $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ ($0 < x < 1$) ۵
- ۵-۱- دوقلوها ۹
- ۶-۱- مشاهده دوقلوبی در $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ در دماهای بالا ۱۷
- ۷-۱- خلاصه فصل و نتیجه گیری ۲۶

فصل دوم : بررسی تئوریک الگوهای پراش اشعه X نمونه‌های پودری

- ۱-۲- شدت باریکه پراشیده در پراش اشعه X ۲۷
- ۱-۱-۲- پراکندگی از یک تک الکترون و فاکتور پلاریزاسیون ۲۸
- ۲-۱-۲- پراکندگی از یک اتم ۳۰
- ۳-۱-۲- پراکندگی از سلول واحد و فاکتور ساختاری ۳۱
- ۴-۱-۲- فاکتور لورنتس ۳۳
- ۵-۱-۲- فاکتور دما ۳۵
- ۶-۱-۲- فاکتور چندگانه ۳۸
- ۷-۱-۲- فاکتور جذب ۳۹

عنوان

صفحه

۴۰	۲-۲- پراش در شرایط غیر ایده آل
۴۰	۲-۲-۱- اندازه بلور
۴۴	۲-۲-۲- ساختار موزاییکی
۴۵	۲-۳- روش پالایش ریتولد
۴۷	۲-۳-۱- زمینه
۵۰	۲-۳-۲- تابع شکل پیک
۵۳	۲-۳-۳- پارامتر نمایه
۵۷	۲-۳-۴- مقادیر R
۵۸	۲-۴- خلاصه فصل دوم و نتیجه گیری
	فصل سوم : شرح و بررسی نتایج بدست آمده
۸۵	خلاصه فصل سوم و نتیجه گیری

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۶۲	جدول ۳-۱-۱- پارامترهای شبکه فاز تتراگونال و ارتورومبیک نمونه $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ به ازای $x < 0.5$ در دمای $500^\circ C$
۶۲	جدول ۳-۱-۲- درصد فازهای تتراگونال و ارتورومبیک و مقدار χ^2 نمونه $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ به ازای $x < 0.5$ در دمای $500^\circ C$
۶۵	جدول ۳-۱-۳- پارامترهای پالایش شده X, Y, Z, U, ISO هر اتم در فاز ارتورومبیک به ازای $x < 0.5$ و در دمای $500^\circ C$
۶۶	جدول ۳-۲-۱- پارامترهای شبکه فاز تتراگونال و ارتورومبیک نمونه $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ به ازای $x \approx 0.5$ در دمای اتاق
۶۶	جدول ۳-۲-۲- درصد فازهای تتراگونال و ارتورومبیک و مقدار χ^2 نمونه $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ به ازای $x \approx 0.5$ در دمای اتاق
۶۹	جدول ۳-۲-۳- پارامترهای پالایش شده X, Y, Z, U, ISO هر اتم در فاز ارتورومبیک به ازای $x \approx 0.5$ و در دمای اتاق
۷۰	جدول ۳-۳-۱- پارامترهای شبکه فاز تتراگونال و ارتورومبیک نمونه $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ به ازای $x \approx 0.6$ و در دمای اتاق
۷۰	جدول ۳-۳-۲- درصد فازهای تتراگونال و ارتورومبیک و مقدار χ^2 نمونه $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ به ازای $x \approx 0.6$ و در دمای اتاق

عنوان

صفحه

جدول ۳-۳-۳- پارامترهای پلایش شده X,Y,Z,UISO هر اتم در فاز ارتورومبیک

به ازای $x \approx 0.6$ و در دمای اتاق ۷۲

جدول ۳-۴-۱- پارامترهای شبکه فاز تتراگونال و ارتورومبیک نمونه $YBa_2Cu_3O_{6+x}$

به ازای $x \approx 0.6$ در دمای $500^\circ C$ ۷۳

جدول ۳-۴-۲- درصد فازهای تتراگونال و ارتورومبیک و مقدار χ^2 نمونه $YBa_2Cu_3O_{6+x}$

به ازای $x \approx 0.6$ در دمای $500^\circ C$ ۷۳

جدول ۳-۴-۳- پارامترهای پلایش شده X,Y,Z,UISO هر اتم در فاز ارتورومبیک

به ازای $x \approx 0.6$ و در دمای $500^\circ C$ ۷۷

جدول ۳-۵-۱- پارامترهای شبکه فاز تتراگونال و ارتورومبیک نمونه $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ به

ازای $x \approx 0.7$ در دمای اتاق ۷۸

جدول ۳-۵-۲- درصد فازهای تتراگونال و ارتورومبیک و مقدار χ^2 نمونه $YBa_2Cu_3O_{6+x}$

به ازای $x \approx 0.7$ در دمای اتاق ۷۸

جدول ۳-۵-۳- پارامترهای پلایش شده X,Y,Z,UISO هر اتم در فاز ارتورومبیک به

ازای $x \approx 0.7$ و در دمای اتاق ۸۱

جدول ۳-۶-۱- پارامترهای شبکه فاز تتراگونال و ارتورومبیک نمونه $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ به

ازای $x \approx 0.7$ در دمای $500^\circ C$ ۸۲

جدول ۳-۶-۲- درصد فازهای تتراگونال و ارتورومبیک و مقدار χ^2 نمونه $YBa_2Cu_3O_{6+x}$

به ازای $x \approx 0.7$ در دمای $500^\circ C$ ۸۲

جدول ۳-۶-۳- پارامترهای پلایش شده X,Y,Z,UISO هر اتم در فاز ارتورومبیک به

ازای $x \approx 0.7$ و در دمای $500^\circ C$ ۸۴

فهرست شکلها

صفحه	عنوان
۴	شکل ۱-۱ - نمایشی از $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ وقتی که $X=1$ است .
۵	شکل ۱-۲ - فازهای مختلف YBCO (a) تتراگونال (b) ارتورومبیک (c) ارتورومبیک ۲.
۶	شکل ۱-۳ - دیاگرام فاز $YBa_2Cu_3O_{6+x}$
۷	شکل ۱-۴ - الگوی پراش اشعه X برای نمونه ای که در محیط اکسیژن گرم شده است .
۸	شکل ۱-۵ - ثابتهای شبکه a, b به عنوان تابعی از دما .
۸	شکل ۱-۶ - حجم سلول واحد و ثابت شبکه C با تغییر دما ثابت باقی می ماند
۱۰	شکل ۱-۷ - دو نوع ترتیب دوقلوبی ممکن در صفحه اصلی
۱۲	شکل ۱-۸ - تصویر الکترون ماکروسکوپی دوقلوبی
۱۳	شکل ۱-۹ - (B) : خطوط شار که درون بلور YBCO با جهت های مختلف مرز دوقلوبی نفوذ می کند.
۱۸	شکل ۱-۱۰ - نمایش دوقلوبی در فضای واقعی و وارون
۲۰	شکل ۱-۱۱ - نمودارهای کانتور برای جفت انعکاسات (۲۰۰) و (۰۲۰)
۲۲	شکل ۱-۱۲ - الگوهای پراش نوترون که در $600^\circ C$ در فشارهای نسبی مختلف اکسیژن

عنوان

صفحه

- شکل ۱-۱۳ - جابجایی و پهن شدگی پیک (۰۰۱) با افزایش فشار نسبی اکسیژن
در گذار فاز T/OI
۲۲
- شکل ۱-۱۴ - تغییرات پهنای پیک در فضای وارون به عنوان تابعی از ارتو رومبوسیتی
در 600°C
۲۴
- شکل ۱-۱۵ - پارامترهای برازش شده شبکه در 600°C به عنوان تابعی از X
۲۴
- شکل ۱-۱۶ - (a) الگوی پراش اندازه گیری شده انعکاسات (۲۰۰) و (۰۲۰)
که با شکل تابع گوسین برازش شده است. (b) الگوی پراش اندازه گیری شده
برای $T = 50$ و $S = 0.13$ در فضای Q
۲۵
- شکل ۲-۱ - پراکندگی همدوس پرتوهای X از تک الکترون
۲۹
- شکل ۲-۲ - اثر موقعیت اتم بر روی اختلاف فاز بین پرتوهای پراشیده
۳۲
- شکل ۲-۳ - پراکندگی در مسیری ثابت در طی دوران بلور
۳۴
- شکل ۲-۴ - پخش عمودهای صفحه ای بر روی مخروط ویژه ای از پرتوهای بازتابی
۳۵
- شکل ۲-۵ - پراش پرتوهای X از یک بلور
۴۰
- شکل ۲-۶ - اثر اندازه بلور بر روی پراش
۴۲
- شکل ۲-۷ - اثر اندازه ریزدانه بر روی منحنی پراش
۴۳
- شکل ۲-۸ - ساختار موزاییکی یک بلور واقعی
۴۵

عنوان

صفحه

شکل ۲-۹- تغییرات شدت پیکهای برازش شده در حالت‌های (الف) یک برازش خوب از یک پیک ، (ب) شدت محاسبه شده خیلی کم است . (ج) شدت محاسبه شده خیلی زیاد است .

۵۶

شکل ۲-۱۰- تغییرات FWHM پیکهای برازش شده (الف) بسیار بزرگ . (ب) FWHM بسیار کوچک

۵۶

شکل ۲-۱۱- نمایه برای یک پیک محاسبه شده با یک تابع شکل پیک بسیار متقارن

۵۶

شکل ۳-۱- الگوی پراش را در دمای 500°C و درحالتی که $x < 0.5$

۶۱

شکل ۳-۱-۱- الگوی پراش مجموعه پیکهای (۱۱۰) و (۱۰۳) و (۰۱۳)

۶۳

به ازای $x < 0.5$ و در دمای 500°C

شکل ۳-۱-۲- الگوی پراش مجموعه پیکهای (۲۰۰) ، (۰۲۰) و (۰۰۶) به ازای

۶۳

$x < 0.5$ و در دمای 500°C

شکل ۳-۲- الگوی پراش نمونه در دمای اتاق و به ازای $x \approx 0.5$

۶۶

شکل ۳-۲-۱- الگوی پراش مجموعه پیکهای (۱۱۰) و (۱۰۳) و (۰۱۳) به ازای

۶۷

$x \approx 0.5$ و در دمای اتاق

شکل ۳-۲-۲- الگوی پراش مجموعه پیکهای (۲۰۰) ، (۰۲۰) و (۰۰۶) به ازای

۶۷

$x \approx 0.5$ و در دمای اتاق

شکل ۳-۳- الگوی پراش نمونه در دمای اتاق و به ازای $x \approx 0.6$

۷۰

شکل ۳-۳-۱- الگوی پراش مجموعه پیکهای (۱۱۰) و (۱۰۳) و (۰۱۳) به ازای

۷۱

$x \approx 0.6$ و در دمای اتاق

عنوان

صفحه

- شکل ۳-۳-۲- الگوی پراش مجموعه پیکهای (۲۰۰)، (۰۲۰) و (۰۰۶) به ازای $X \approx 0/6$ و در دمای اتاق
- ۷۱
- شکل ۳-۴- الگوی پراش به ازای $X \approx 0/6$ و در دمای $500^\circ C$
- ۷۳
- شکل ۳-۴-۱- الگوی پراش مجموعه پیکهای (۱۱۰) و (۱۰۳) و (۰۱۳) به ازای $X \approx 0/6$ و در دمای $500^\circ C$
- ۷۴
- شکل ۳-۴-۲- الگوی پراش مجموعه پیکهای (۲۰۰)، (۰۲۰) و (۰۰۶) به ازای $X \approx 0/6$ و در دمای $500^\circ C$ و $Tetra = 0/5 \%$
- ۷۵
- شکل ۳-۴-۳- الگوی پراش مجموعه پیکهای (۲۰۰)، (۰۲۰) و (۰۰۶) به ازای $X \approx 0/6$ و در دمای $500^\circ C$ و $Tetra = 0 \%$
- ۷۵
- شکل ۳-۵- الگوی پراش در دمای اتاق و به ازای $X \approx 0/7$
- ۷۸
- شکل ۳-۵-۱- الگوی پراش مجموعه پیکهای (۱۱۰) و (۱۰۳) و (۰۱۳) به ازای $X \approx 0/7$ و در دمای اتاق
- ۷۹
- شکل ۳-۵-۲- الگوی پراش مجموعه پیکهای (۲۰۰)، (۰۲۰) و (۰۰۶) به ازای $X \approx 0/7$ و در دمای اتاق
- ۷۹
- شکل ۳-۶- الگوی پراش نمونه در $X \approx 0/7$ در $500^\circ C$
- ۸۲
- شکل ۳-۶-۱- الگوی پراش مجموعه پیکهای (۱۱۰) و (۱۰۳) و (۰۱۳) به ازای $X \approx 0/7$ و در دمای $500^\circ C$
- ۸۳
- شکل ۳-۶-۲- الگوی پراش مجموعه پیکهای (۲۰۰)، (۰۲۰) و (۰۰۶) به ازای $X \approx 0/7$ و در دمای $500^\circ C$
- ۸۳

فهرست علائم و اختصارات (Abbreviations)

YBCO	$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$
CW	Constant Wavelength
TOF	Time of flight
GSAS	Generalized Structure Analysis System
SRS	Synchrotron Radiation Source
CPD	Commission on Powder Diffraction
HTc's	High Temperature Superconductors
S.C	Single crystal
MF	Mean Field
Scr	Single crystal representation
FWHM	Full Width Half Maximum
C.P	Central Peak

فصل اول

**شناخت و بررسی ابرسانی
و نقایص دوقلویی در YBCO
آن**

فصل اول : شناخت و بررسی ابررسانای YBCO و نقایص

دوقلویی در آن

۱-۱- مقدمه

پالایش و برازش الگوی پراش نمونه‌های پودری یکی از کارهای مهم در روش بلورشناسی است که بوسیله روشهای گوناگونی انجام می‌گیرد.

شدت پراش را می‌توان توسط یکی از دو روش " پراش اشعه X " و یا " پراش باریکه نوترون " اندازه گیری نمود . که در روش نخست با ثابت در نظر گرفتن طول موج (CW)^(۱) ، شدت را بر حسب زاویه پراش (2θ) اندازه گیری می‌گردد. در حالیکه در روش پراکندگی نوترون می‌توان از هر دو روش CW ، TOF^(۲) (دسته بندی نوترونهای پراکنده شده بر حسب سرعتشان) استفاده نمود .

پس از بدست آوردن الگوی پراش در مرحله بعد به سراغ پالایش و برازش می‌رویم که مهمترین روش موجود در این زمینه روش " پالایش ریتولد " ^(۳) می‌باشد و اولین بار در سال‌های ۱۹۶۷ و ۱۹۶۹ با انتشار دو مقاله از سوی " هوگو ریتولد " ^(۴) معرفی شد .

¹. Constant wavelength

². Time Of Flight

³. Hugo Rietveld

⁴. The Rietveld methode refinement

در این روش از نرم افزارهای کامپیوتری مختلفی استفاده می‌گردد که از مهمترین آنها می-
توان به نرم افزار "GSAS"^(۱) اشاره کرد .

بطور کلی الگوهای پراش نمونه پودری ماده $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ ($0 < x < 1$) که ناشی از
تشعش سینکروترونی SRS^(۲) می‌باشند با استفاده از نرم افزار GSAS به روش ریتولد
پالایش و برازش شده است که در فصلهای بعد به شرح روش و نتایج بدست آمده خواهیم
پرداخت .

۱-۲- تاریخچه

همانطور که اشاره شد روش پالایش " ریتولد " اولین بار در سال ۱۹۶۹ توسط " هوگو
ریتولد " معرفی گردید . و اولین بار در سال ۱۹۷۷ در مورد داده های اشعه X بکار برده شد .
پس از آن راهنمایی‌هایی در مورد نتایج آنالیز ریتولد توسط " یانگ و همکارانش " در مقاله‌ای
در سال ۱۹۸۲ به چاپ رسید [۱] .

اما نتایج پالایشهای ریتولد در سالهای ۱۹۶۶-۱۹۶۹ بوسیله انجمن پراش پودری (CPD)^(۳)
اتحادیه بین المللی بلورشناسی سازمان دهی گردید که در سال ۱۹۹۲ توسط " هیل " و در
سال ۱۹۹۴ توسط " هیل و کرانس ویک " منتشر گردید [۲] . در این بین در سال ۱۹۹۳
یانگ نیز کتاب خود را تحت عنوان " روش ریتولد " به چاپ رساند [۳] .

1. Generalized Structure Analysis System

2. Synchrotron Radiation Source

3. Commission on Powder Diffraction

اما از جمله افرادی که در حال حاضر در این زمینه مشغول به فعالیت است " رابرت ون دریل " می باشد که مقاله او و همکارانش در سال ۱۹۹۸ راهنمایی های مفیدی درباره کاربرد روش پالایش ریتولد در بردارد [۴] .

در سال ۲۰۰۲ " لی بیل " در مقاله ای مفصل پیشرفت های بوجود آمده در آنالیز ماکرو ساختارها بوسیله روش ریتولد را بررسی کرد [۵] .

۱-۳- آشنایی با ماده $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ ($0 < x < 1$)

اکثریت ابر رساناهای دمای بالا (HTc's)^(۱) ترکیبات اکسید های مس بوده و دارای یک ساختمان لایه ای بسیار ناهمسانگرد . (پارامتر شبکه c در مقایسه با پارامترهای شبکه a,b بسیار بزرگ می باشد) .

اولین ترکیبی که در دمای بالای دمای نیتروژن مایع (۷۷ K) خاصیت ابررسانایی نشان داد $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ (YBCO یا Y123) بود که ساختمان پرووسکویت سه گانه داشته و همانطور که از فرمول شیمیایی (Y123) دیده میشود ظرفیت اکسیژن آن می تواند از شش تا هفت تغییر کند یا برعکس (شکل ۱ - ۱) .

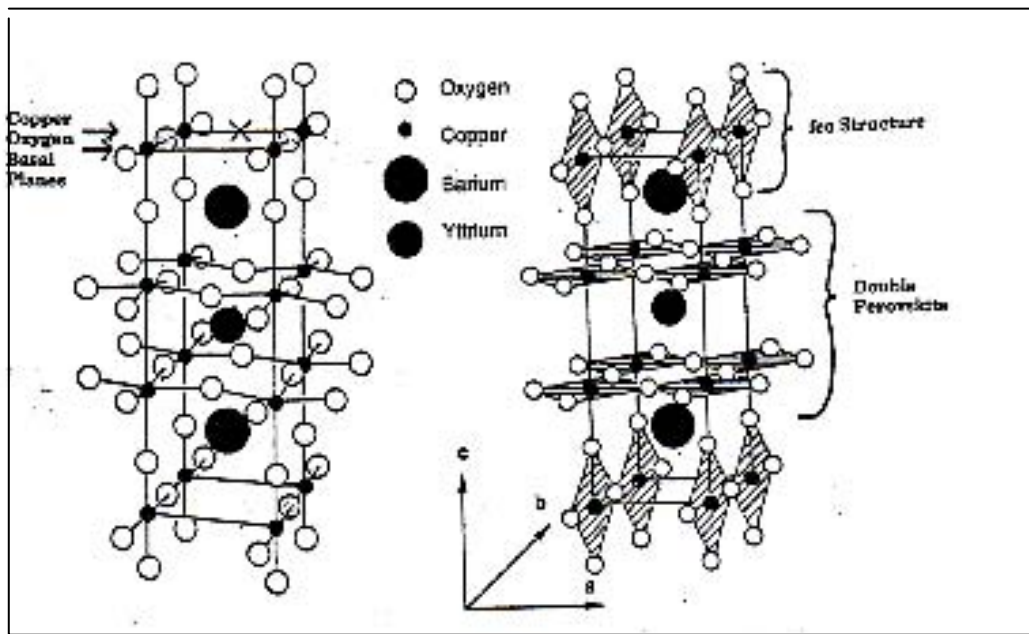
اکسیژن های غیر استوکیومتری در صفحات پایه ایی واقع می شوند که می توانند بصورت " زنجیر های اکسیژن - مس " در این صفحات مرتب شوند .

چندین جایگاه متفاوت اکسیژن وجود دارد که می تواند پریاخالی باشد. در ایجاد خاصیت ابررسانایی گرم (HTc) تنها ظرفیت استوکیومتری اکسیژن مهم نیست بلکه ترتیب اکسیژن های حاضر هم مهم است.

¹.High Temperature Superconductors

چندین فاز از (Y123) وجود دارد: ارتورومبیک ۱، ارتورومبیک ۲، ارتورومبیک ۳، تتراگونال و آنتی ارتو ۱ که بعضی از آنها در شکل (۱-۲) نشان داده شده‌اند.

تمام این فازها از اختلاف میزان و ترتیب جایگاههای اکسیژن در زنجیرهای Cu-O در صفحات پایه‌ای ناشی می‌شوند. در فازهای ارتورومبیک اکسیژن‌ها بطور منظم قرار می‌گیرند و در نتیجه تغییراتی در اندازه پارامترهای شبکه بوجود می‌آید. فاز ارتورومبیک ۱ ابر رسانایی با دمای گذار ۹۳ K است. فاز ارتورومبیک ۲ یک فاز ابر شبکه و ابر رسانایی با دمای گذار ۶۰ K است [۶].



شکل ۱-۱: نمایشی از $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ وقتی که $X=1$ است [۶].