

## بررسی تأثیر سرب و زمان پخت بر روی خواص ابررسانای سرامیکی Bi-Sr-Ca-Cu-O

مرتضی زرگر شوشتری و بیتا رضایی

گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران، اهواز

(دریافت مقاله: ۷۸/۵/۵ دریافت نسخه نهایی: ۷۸/۱۰/۱۵)

## چکیده

در این مقاله تأثیر میزان سرب ( $x = 0/3, 0/4, 0/5$ ) و زمان پخت ( $t = 72, 96$  و  $120$  h) بر روی خواص فیزیکی نمونه‌های  $Bi_{2-x}Pb_xSr_2Ca_2Cu_2O_y$  مورد بررسی قرار گرفته است. بعد از مرحله ساخت نمونه‌ها، آزمایش اثر مایسنر، اندازه‌گیریهای  $J_c$ ،  $T_c$  و بلور نگاشتی روی نمونه‌ها، انجام شد. بررسی نتایج نشان می‌دهد که تغییر میزان سرب و زمان پخت بر روی  $T_c$  تأثیر جزئی داشته، اما مقاومت (در حالت عادی) و چگالی جریان را به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌دهند. همچنین برای همه نمونه‌ها، منحنی‌های  $V-I$  در ناحیه مخلوط از مدل توانی  $V = \alpha I^b$  پیروی می‌کنند. علاوه بر این مطالعات بلور نگاشتی نمونه‌ها نشان می‌دهند که در همه آنها، فاز غالب ( $2223$ ) می‌باشد و سرب ساختار ارتورمبیک نمونه‌ها را تغییر نمی‌دهد. از نتایج کل آزمایش‌ها، مشخص می‌شود که به ازای  $x = 0/5$  و زمان پخت ۷۲ ساعت، بالاترین چگالی جریان بحرانی و کمترین مقاومت ویژه در حالت عادی حاصل می‌شود که بیانگر بهبود اتصال‌های بین دانه‌ای نمونه تحت این شرایط می‌باشد.

## ۱. مقدمه

از زمان کشف ابررساناهای دما - بالا توسط بدنورز و مولر [۱] تاکنون تعداد بسیاری از این گونه ابررساناها کشف شده‌اند. یکی از آنها ابررسانای بر پایه بیسموت (BSCCO) است که در سال ۱۹۸۸ توسط مدا و همکارانش کشف شد [۲]. این ابررساناها با فرمول عمومی  $Bi_2Sr_2Ca_{n-1}Cu_nO_{2n+4+\delta}$  دارای سه فاز اصلی به ازای ۱ و ۲ و ۳ می‌باشند، که در این میان فاز ۲۲۲۳ با دمای گذار  $T_c \approx 110$  k به دلیل دمای گذار بالاتر و توانایی بیشتر در عبور جریان الکتریکی از اهمیت بیشتری برخوردار است. نظر به اینکه فازهای BSCCO در نمونه تهیه شده همزمان با هم رشد می‌کنند، تحقیقات بسیاری

خصوصیات فیزیکی ابررساناهای گرم تا حد زیادی به شرایط ساخت بستگی دارند. روند پخت و گرما دهی، شکل نمونه (توده، سیم، لایه نازک و تک بلور)، خلوص مواد تشکیل دهنده و شرایط مناسب آزمایش (دامنه جریان، تقلیل مقاومت‌های ناشی از اتصال سیم‌های رابط به نمونه‌ها تا حد امکان و...) همه از عوامل تعیین کننده پارامترهای ابررسانایی می‌باشند، به طوری که برای رسیدن به ابررسانایی با خواص فیزیکی بهینه و کاربرد بیشتر، لازم است تمام این عوامل مورد بررسی قرار گیرند.

بودرها را از کوره خارج کرده، مجدداً آسیاب کردیم و با استفاده از یک پرس هیدرولیک تحت فشار  $250 \text{ kg/cm}^2$  قرصهایی به قطر  $20 \text{ mm}$  و ضخامت  $2 \text{ mm}$  تهیه کردیم. برای جلوگیری از نفوذ مواد زیر لایه به قرصها، آنها را بر روی لایه مسطحی از جنس این مواد که قبلاً تهیه کرده بودیم، قرار دادیم. گرمادهی نوبت دوم با توقف در دمای  $860^\circ\text{C}$  به مدت  $72$ ،  $96$  و  $120$  ساعت به طور مجزا برای نمونه‌های مختلف انجام شد.

## ۲.۲. اندازه‌گیریها

برای بررسی خواص و تشخیص ابررسانایی در یک نمونه، روشهای مختلفی وجود دارد. از جمله این روشها، مشاهده اثر مایسنر، اندازه‌گیری چگالی جریان بحرانی، اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی می‌باشد. همین طور برای تعیین ساختار نمونه و بررسی فازها از پراش پرتو X استفاده می‌شود. در این مقاله، نتیجه تمام اندازه‌گیریهای بالا به شرح زیر گزارش می‌شود. برای مشاهده اثر مایسنر، پس از پایان مرحله دوم گرمادهی، هر نمونه را درون نیتروژن مایع تا دمای  $77 \text{ K}$  سرد کرده، پس از بیرون آوردن نمونه‌ها از نیتروژن مایع، یک آهن ربای کوچک را در بالای نمونه قرار می‌دادیم، تعلیق آهن ربا در بالای نمونه‌ها مشاهده می‌شد. این آزمایش نشان داد که برای نمونه‌های مختلف تمامی قرصهای ساخته شده، خاصیت ابررسانایی پیدا کرده‌اند.

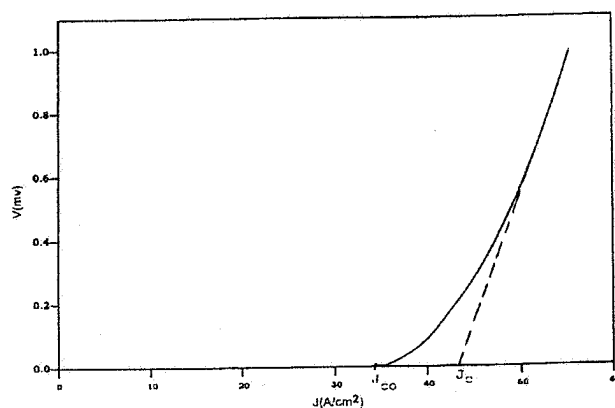
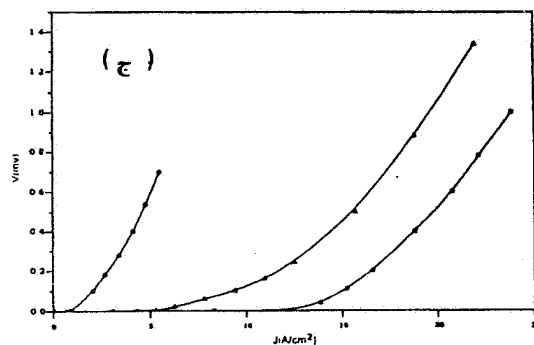
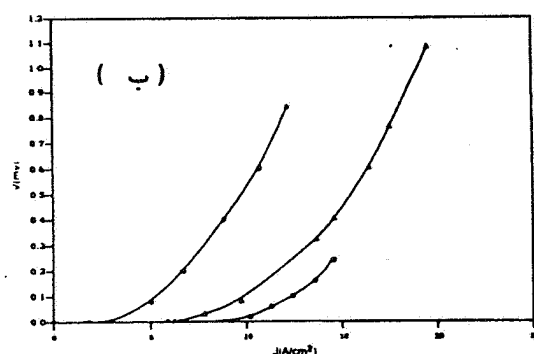
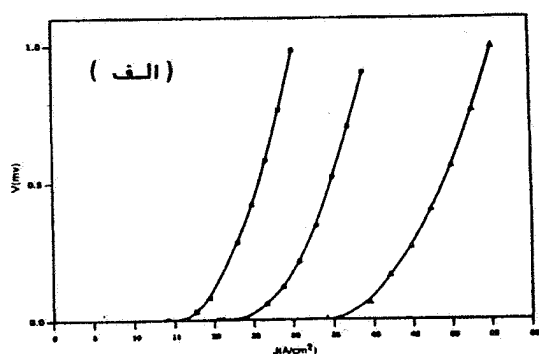
بعد از مشاهده اثر مایسنر، چگالی جریان بحرانی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. همان طوری که می‌دانیم، چگالی جریان بحرانی ( $J_c$ ) از پارامترهای مهم ابررسانا می‌باشد، به طوری که اگر چگالی جریان بزرگتر از چگالی بحرانی باشد، ابررسانا خاصیت ابررسانایی خود را از دست می‌دهد. علاوه بر این با توجه به این که این پارامتر به دما وابسته است، اندازه‌گیری در دمای نیتروژن مایع ( $77 \text{ K}$ ) انجام شد. برای اندازه‌گیری چگالی جریان بحرانی، قطعه‌های مکعب مستطیلی به شکل میله، از قرصها تهیه شد. هر کدام از میله‌ها دارای سطح مقطع مشخص ( $S$ ) و طول  $2 \text{ cm}$  بودند. جهت برقرار کردن اتصالها به نمونه، از

برای ساخت ابررسانای BSCCO با فاز خالص  $2223$  صورت گرفته است [۳-۶]. از آنجا که در مطالعات و آزمایشهای قبلی [۷-۸] خواص —هینه ابررسانایی در ترکیب  $\text{Bi}_{1-x}\text{Pb}_x\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_{2+x}\text{O}_y$  به ازای  $x = 2$  حاصل شد، در این تحقیق تصمیم گرفتیم که با تغییر میزان سرب ( $0/4$  و  $0/5$ )، و زمان پخت ( $x = 0/3$  و  $120 \text{ h}$ ،  $96$  و  $72 \text{ h}$ ) خواص فیزیکی نمونه‌های تهیه شده با فرمول  $\text{Bi}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_2\text{O}_y$  را با اندازه‌گیری چگالی جریان بحرانی، مقاومت ویژه الکتریکی و بررسیهای بلور نگاشتی برای تعیین فازهای ابررسانای BSCCO مورد مطالعه قرار دهیم.

## ۲. شرح آزمایش

### ۱.۲. مراحل ساخت نمونه‌ها

روشهای متعددی برای ساخت ابررساناهای سرامیکی وجود دارد که تفاوت عمده آنها در روند گرمادهی و سرد کردن نمونه‌ها می‌باشد. روشی که ما برای ساخت نمونه‌ها به کار بردیم، روش واکنش حالت جامدی است. به طور کلی مراحل ساخت یک نمونه با این روش عبارت است از تهیه مقادیر استوکیومتری مواد اولیه، مخلوط و آسیاب کردن، گرمادهی نوبت اول، پرس کردن و تهیه قرص و گرمادهی نوبت دوم. برای تهیه مقادیر استوکیومتری مواد اولیه، مقادیر مورد نیاز از مواد اولیه شامل اکسید بیسموت  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ، اکسید مس  $\text{CuO}$ ، کربنات کلسیم  $\text{CaCO}_3$ ، کربنات استرانسیم  $\text{SrCO}_3$  و اکسید سرب  $\text{PbO}$  (ساخت MERCK با خلوص  $99/99\%$ ) را به ازای  $0/5$  و  $0/4$ ،  $x = 0/3$  در فرمول شیمیایی  $\text{Bi}_{2-x}\text{Pb}_x\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_2\text{O}_{2n+2+\delta}$ ، به طور دقیق وزن کرده ( $\Delta m = 10^{-4} \text{ gr}$ )، سپس پودرهای مواد اولیه را خوب مخلوط و آسیاب کردیم. به طوری که در انتهای کار پودر بسیار نرم و همگنی، جهت مرحله اول گرمادهی فراهم آمد. گرمادهی نوبت اول به منظور خارج کردن گازهای  $\text{CO}_2$  از ترکیب، با توقف در دمای  $820^\circ\text{C}$  به مدت  $15$  ساعت با کوره الکتریکی انجام شد. بعد از مرحله کلسینه شدن، بوتله حاوی



شکل ۱. منحنی تغییرات ولتاژ برحسب چگالی جریان برای نمونه  $X = 0/5$  و زمان پخت ۷۲ ساعت در دمای ۷۷K.

سیم مسی استفاده شد و برای کاهش مقاومت اتصالها از چسب نقره استفاده کردیم. نمونه‌ها را درون نیتروژن مایع قرار داده و جریان به وسیله یک دستگاه منبع تغذیه جریان مستقیم از دو اتصال انتهایی به نمونه اعمال شد و ولتاژ از دو اتصال داخلی اندازه‌گیری شد. با تغییر شدت جریان، منحنی‌های  $V-I$  برای هر کدام از نمونه‌ها رسم و با داشتن سطح مقطع آنها، چگالی جریان را برای هر نمونه تعیین کردیم. یک نمونه از این اندازه‌گیریها در دمای ۷۷K در شکل (۱) نشان داده شده است.

برای اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی و تعیین دمای گذار نمونه‌ها، از روش چهار میله استفاده شد. با استفاده از یک منبع تغذیه جریان ثابت، جریان ۲۰ mA به نمونه‌ها اعمال شد. معادله (۱) رابطه بین مقاومت ویژه الکتریکی و ولتاژ را نشان می‌دهد

$$\rho = \alpha \frac{V}{I} \quad (1)$$

که در آن  $V$ ،  $I$  و  $\rho$  به ترتیب جریان، ولتاژ و مقاومت ویژه هستند و  $\alpha$  ضریب ثابتی است که با توجه به آرایش چهار میله مشخص می‌شود [۹]. در اندازه‌گیری مقاومت ویژه نمونه‌های مورد نظر  $\alpha = 1/884 \text{ cm}$  محاسبه شده است. بنابراین با توجه به اینکه جریان ثابتی را به نمونه‌ها اعمال کرده‌ایم، طبق معادله (۱)، تغییرات ولتاژ متناسب با تغییرات مقاومت است. برای

شکل ۲. مقایسه تغییرات ولتاژ برحسب چگالی جریان برای

نمونه‌های  $X = 0/3$  (■)،  $0/4$  (●) و  $0/5$  (▲) و زمان پخت

(الف) ۷۲h، (ب) ۹۶h و (ج) ۱۲۰h در دمای ۷۷K.

تعیین دما ترموکوپل نوع T (مس - کنستانتان) را به کار بردیم. به این ترتیب منحنیهای مقاومت ویژه الکتریکی برحسب دما رسم شد. از روی منحنیها می‌توان دمای بحرانی و مقاومت ویژه الکتریکی در حالت عادی را مشخص کرد.

برای بررسی فازهای موجود در نمونه‌های تهیه شده از پراش پرتو X استفاده کردیم. با استفاده از دستگاه پراش پرتو X مدل

جدول ۱. نتایج اندازه گیریها

ترکیبات	$J_{CO}(\frac{A}{cm^2})$	$J_c(\frac{A}{cm^2})$	$\beta$	$T_c(K)$	زمان پخت (h)	S(cm <sup>2</sup> )
$Bi_{1/7}Pb_{1/3}Sr_2Ca_2Cu_2O_y$	۱۶/۳۳	۲۲/۵۲	۸/۴۸	۱۰۹/۳۲	۷۲	۰/۱۲
$Bi_{1/8}Pb_{1/3}Sr_2Ca_2Cu_2O_y$	۸/۸۳	۱۲/۴۵	۶/۶۴	۱۰۱/۳۸	۹۶	۰/۰۹۴
$Bi_{1/7}Pb_{1/3}Sr_2Ca_2Cu_2O_y$	۱۲/۴۳	۱۶/۸۶	۷/۳۹	۱۱۱/۲۸	۱۲۰	۰/۱۵۳۶
$Bi_{1/6}Pb_{1/4}Sr_2Ca_2Cu_2O_y$	۲۴/۰۳	۲۹/۷۸	۱۰/۷۹	۱۰۶/۳۸	۷۲	۰/۱۰۳۶
$Bi_{1/6}Pb_{1/4}Sr_2Ca_2Cu_2O_y$	۳/۰۱	۵/۷	۲/۸۷	۱۰۷/۳۶	۹۶	۰/۱۱۲۳
$Bi_{1/6}Pb_{1/4}Sr_2Ca_2Cu_2O_y$	۰/۹	۲/۳۹	۱/۲۵	۱۰۵/۴۱	۱۲۰	۰/۱۵۵
$Bi_{1/5}Pb_{1/5}Sr_2Ca_2Cu_2O_y$	۳۵/۵۲	۴۳/۹۳	۱۱/۹۴	۱۱۰/۳	۷۲	۰/۰۸۰۸
$Bi_{1/5}Pb_{1/5}Sr_2Ca_2Cu_2O_y$	۶/۲۴	۱۳/۱۱	۴/۱۴	۱۰۵/۴	۹۶	۰/۱۰۹۱
$Bi_{1/5}Pb_{1/5}Sr_2Ca_2Cu_2O_y$	۵/۳	۱۲/۲۶	۳/۴۸	۱۰۳/۴۴	۱۲۰	۰/۱۳۵۸

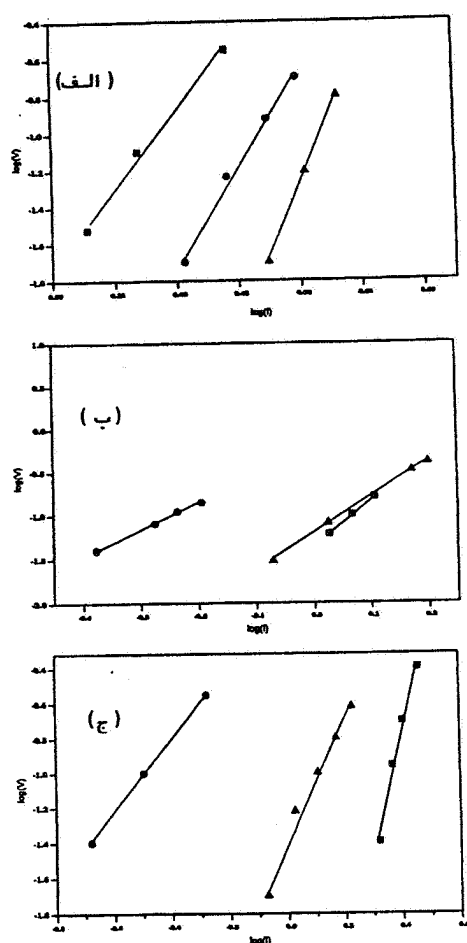
جایگزینی سرب در ترکیبات بیسموت نقش مهمی را در اصلاح این عامل بازی می‌کند [۱۰-۱۳]. در این جا نیز می‌توان نتیجه گرفت که وجود سرب به میزان مناسب، بر ارتباط بین دانه‌ای اثر گذاشته و باعث بهبود چگالی جریان بحرانی می‌شود. البته این نتیجه را در قسمت بعد، به راحتی می‌توان از منحنیهای  $\rho-T$  و مقاومت ویژه در حالت عادی نتیجه گرفت. تأثیر زمان پخت را شکل‌های (۳. الف، ب و ج) نشان می‌دهند. این منحنیهای گویای این مطلب هستند که طولانی کردن زمان پخت باعث کاهش چگالی جریان می‌شود، به طوری که به ازای میزان ثابت سرب، زمان پخت ۷۲ ساعت بالاترین چگالی جریان، حاصل شده است و این نتیجه با نتایج قبلی، کاملاً سازگاری دارد [۷-۸]. علل خارج شدن Pb در اثر تبخیر PbO و تشکیل فازهای میانی غیر ابرسانا [۱۴] ذکر کرد.

شکل‌های (۴. الف، ب و ج) منحنیهای  $\log V - \log I$  را برای نمونه‌ها در ناحیه حالت مخلوط یعنی بین  $J_{CO}$  (آستانه حالت مخلوط) و  $J_c$  (آستانه حالت عادی) نشان می‌دهند که با تقریب خوبی خطی هستند. یعنی در ناحیه ذکر شده، نمونه‌ها از مدل

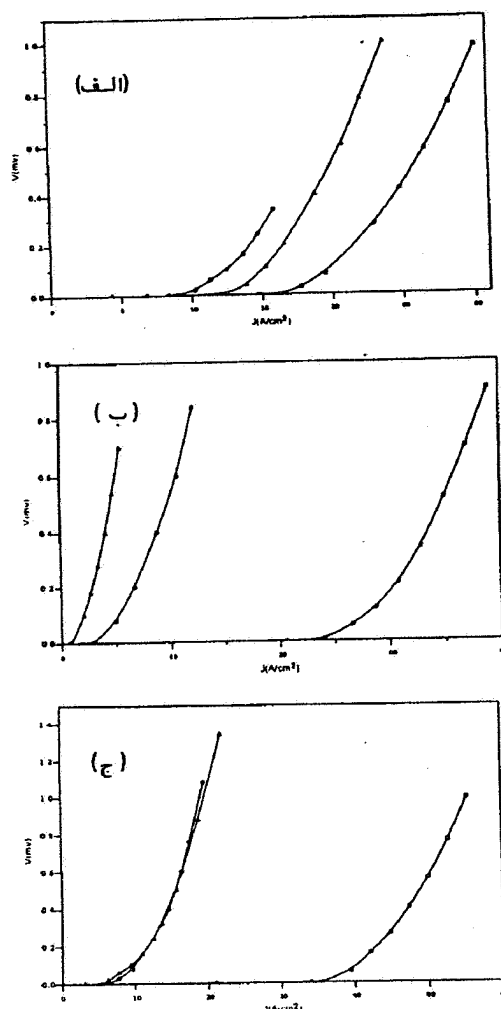
PW1840 ساخت شرکت فیلیپس با آند مس (Cu) و طول موج  $1/\lambda = 5420^\circ A$ ، الگوی پراش نمونه‌ها تهیه شد.

### ۳. بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از آزمایشهای انجام شده در جدول (۱) و تحقیق و بررسی بر روی منحنیهای مربوط به چگالی جریان، به خوبی نشان می‌دهند که تغییر میزان سرب و زمان پخت به طور قابل ملاحظه‌ای، چگالی جریان بحرانی نمونه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. شکل‌های (۲. الف، ب و ج) مقایسه چگالی جریان نمونه‌ها، با زمان پخت ثابت و مقدار متغیر سرب را نشان می‌دهند. شکل (۲. الف) نشان می‌دهد که افزایش میزان سرب در زمان پخت ۷۲ ساعت، باعث افزایش چگالی جریان شده است. به طوری که نمونه با  $x = 0.5$  بیشترین چگالی جریان بحرانی را در این زمان پخت دارد. در صورتی که در مورد زمانهای پخت ۹۶ و ۱۲۰ ساعت، چنین روندی مشاهده نشده و با افزایش میزان سرب، چگالی جریان بحرانی کاهش پیدا کرده است. با توجه به این که مرز دانه‌ها در مواد ابرسانای سرامیکی، موجب محدود شدن جریان بحرانی می‌شوند و



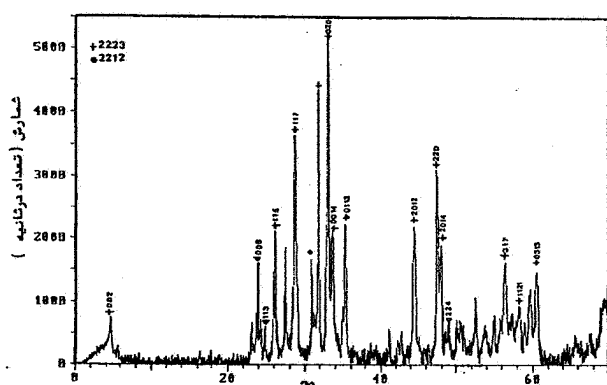
شکل ۴. مقایسه منحنی های  $\log V - \log I$  برای نمونه های  $\Delta$  و  $\bullet$  و  $\circ$ ،  $x = 0/3$  (■)،  $0/4$  (●) و  $0/5$  (▲) در زمان پخت (الف) ۷۲h، (ب) ۹۶h و (ج) ۱۲۰h در دمای ۷۷k.



شکل ۳. مقایسه تغییرات ولتاژ بر حسب چگالی جریان برای نمونه ها با  $x = 0/3$  (الف)،  $0/4$  (ب) و  $0/5$  (ج) و زمانهای پخت ۷۲h (■) و ۹۶h (●) و ۱۲۰h (▲) در دمای ۷۷k.

انرژی میخ کوبی کاهش می یابد و به عبارت دیگر نیروی متوسط وارد بر فلاکسویدها، برای جدا شدن از مراکز میخ کوبی، کم می شود، به طوری که این امر منجر به ظاهر شدن مقاومت و کم شدن  $J_c$  می شود. نتایج حاصل از منحنیهای به دست آمده از اندازه گیری مقاومت ویژه الکتریکی در جدول (۱) آورده شده اند. همان طور که ملاحظه می شود تغییر میزان سرب و زمان پخت بر روی دمای گذار  $T_c$ ، تأثیر جزئی دارند و با توجه به اینکه خطای اندازه گیری مربوط به  $T_c$  در حدود  $\pm 1K$  است، نمی توانند خیلی معنی دار باشند. در حالی که همین تغییرات، مقاومت ویژه

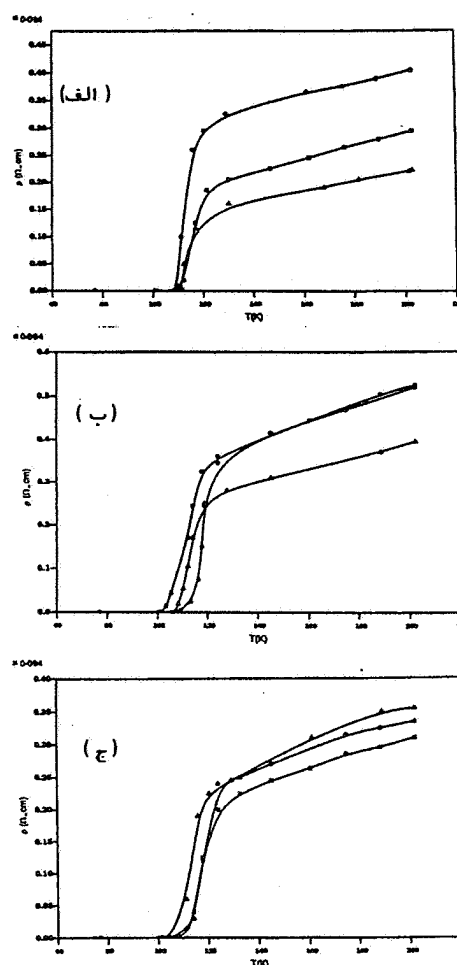
توانی  $V = \alpha I^\beta$  پیروی می کنند که با گزارشهای ارایه شده توسط زیگ و همکاران [۱۵] برای ابررسانای BSCCO، سان و همکاران [۱۶] برای ابررسانای Y-Ba-Cu-O و بن و همکاران [۱۷] برای ابررسانای Er-Ba-Cu-O مطابقت دارد. مقدار  $\beta$  (شیب خط  $\log V - \log I$ ) برای هر نمونه در جدول (۱) آورده شده است. با توجه به این نتایج و در نظر گرفتن رابطه  $\beta = \frac{u}{K_B T}$  (انرژی میخ کوبی شار،  $K_B$  ثابت بولتزمن و  $T$  دمای مطلق)، نتیجه می گیریم که با طولانی شدن زمان پخت،



شکل ۶. الگوی پراش اشعه X برای نمونه  $X = 0.4$  و زمان پخت ۷۲ ساعت.

دانه‌ای و در نهایت افزایش چگالی جریان می‌باشد. با بررسی منحنیهای  $\rho-T$  مشخص شد که در زمان پخت ۷۲ ساعت، مقاومت‌های ویژه در حالت عادی، کمترین مقدار را دارا می‌باشند. این موضوع نشان می‌دهد که زمان پخت ۷۲ ساعت، فرصت بهینه‌ای برای بهبود اتصال‌های بین دانه‌ای است. مطلب دیگری که از تمام منحنیهای  $\rho-T$  استنباط می‌شود این است که تمام نمونه‌ها در دماهای بالاتر از دمای گذار از خود حالت فلزی نشان می‌دهند.

مطالعه الگوهای پراش پرتو X که یک نمونه از آنها برای  $X = 0.4$  و زمان پخت ۷۲ ساعت در شکل ۶ نمایش داده شده است، نشان می‌دهد که در تمامی نمونه‌ها فازهای ۲۲۲۳ و ۲۲۱۲ با هم حضور دارند. اما با توجه به شدت قله‌های مربوط به هر فاز (سطح زیر منحنی آنها)، فاز غالب در نمونه‌ها فاز ۲۲۲۳ می‌باشد، به طوری که نتایج حاصل از اندازه‌گیری  $\rho-T$  (دمای گذار حدود  $110\text{K}$ ) نیز این موضوع را تایید می‌کند. با بررسی دقیق الگوهای پراش پرتو X نمونه‌ها، قله‌های سرب در برخی از آنها از جمله برای نمونه با  $X = 0.5$  و زمان پخت ۷۲ ساعت مشاهده شد. این امر بیانگر این است که علاوه بر اینکه در ساختار ابررسانا به جای بیسموت نشسته، بین دانه‌ها نیز قرار گرفته است و باعث بهبود اتصال بین دانه‌ای در برخی از نمونه‌ها شده است. علاوه بر این با توجه به محاسبه ابعاد سلول



شکل ۵. مقایسه تغییرات مقاومت ویژه برحسب دما برای نمونه‌های  $X = 0.3$  (■)،  $X = 0.4$  (●) و  $X = 0.5$  (▲) و زمان پخت (الف) ۷۲h، (ب) ۹۶h و (ج) ۱۲۰h در دمای ۷۷K.

نمونه‌ها را در حالت عادی تحت تأثیر قرار داده‌اند. شکل‌های (الف، ب و ج) مقایسه مقاومت ویژه الکتریکی را برحسب دما، برای نمونه‌های با زمان پخت ثابت و میزان متغیر سرب نشان می‌دهند. از منحنیها پیداست که در زمانهای پخت ۷۲ و ۹۶ ساعت مقاومت ویژه در حالت عادی با افزایش سرب کاهش پیدا کرده است. در صورتی که برای زمان پخت ۱۲۰ ساعت، مقاومت ویژه در حالت عادی با درصد‌های مختلف سرب، تغییر آن چنانی را نشان نمی‌دهد. کم شدن مقاومت ویژه در حالت عادی، نشان دهنده افزایش رسانایی، بهبود اتصال بین

داراست که این مسئله بیانگر بهینه شدن و بهبود اتصال بین دانه‌ها با این میزان سرب و زمان پخت می‌باشد. علاوه بر این نتیجه گرفته می‌شود که رسیدن به خواص ابررسانایی مطلوب مستلزم بهینه کردن تمام عوامل به طور همزمان می‌باشد.

واحد فاز ۲۲۲۳ در نمونه‌ها ملاحظه شد که آلییدن ابررسانای بیسموت با سرب، پارامترهای شبکه را به مقدار جزئی تغییر می‌دهد و ساختار نمونه‌ها ارتورمبیک می‌باشند.

در مجموع، نتایج اندازه‌گیریها نشان می‌دهند که نمونه با میزان سرب  $x = 0/5$  و زمان پخت ۷۲ ساعت بالاترین چگالی جریان بحرانی، کمترین مقاومت ویژه در حالت عادی را

### مراجع

1. J G Bednorz and K A Muller, *Z. Phys. B*, **64** (1986) P 189.
2. H Maeda, Y Tanaka M fakitoki, and Tasano, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **27** (1988) P L209.
3. E Chavira, R Escudero, D Rios- Jara and L M Leon, *Phys. Rev. B*, **38**, No.13 (1988) PP 9272-9275.
4. T Hatano, K Aota, S Ikeda, K Nakamura and K Ogawa, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **27**, No. 11 (1988) PP L2055-L2058.
5. S C Kwon, H G Lee, B T Ahn, S W Nam, *Supercond. Sci. Technol.* **7** (1995) PP 552-557.
6. H Hudakova, V Plechacek, P Dordor, K Flachbart, K Knizek, J Kovac and M Reiffers, *Supercond. Sci. Technol.* **8** (1995) PP 324-328.
۷. م زرگر شوشتری، ه یزدانی و م کاشیان، "بررسی خواص ابررسانای  $\text{Bi}_{1/6}\text{Pb}_{1/4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_{2+x}\text{O}_y$ "، کنفرانس سالانه فیزیک، دانشگاه شهید باهنر، کرمان (۱۳۷۷).
8. Z Ali, A Maqsood, M Maqsood, S M Ramay, M Yousaf and A Haq, *Supercond. Sci. Technol.* **9** (1996) PP 197-200.
9. W R Runyna, *Semiconductor measurcmnt and instrumentation*, PP 69-71 McGraw-Hill, Kogakusha, Tokyo, (1975).
10. M Takano, J Takada, Koaakusha Oda, H Kitaguchi, Y Miura, Y Ikeda, Y Tomii and H Mazaki, *Jpn. J. Appl. Phys.* **27**, No. 6 (1988) PP L1041-L1043.
11. S H Green, C Jiang, Yu. Mci, H L Luo and C Politis, *Phys. Rev. B*, **38**, NO. 7 (1988) PP 5016-5018.
12. R K Nkum and W R Datars, *Phys. Rev. B*, **44**, No. 22 (1991) PP 12516-12520.
13. M Pissas, D Niarchos, C Christides and M

Anagnostou, *Supercond. Sci. Techcol.* **3** (1990) PP 128-133.

14. S X Dou, H K Liu, A J Bourdillon, M Kviz, N X Tan and C C Sorrell, *Phys. Rev. B*, **40**, No 7 (1989) PP 5266-5269.

15. Kh S Ziq, M M Abdelhadi, N M Hamdan and A S Al Harthi, *Supercond. Sci. Technol*, **9** (1996) PP 192-196.

16. M Ban, T Ichiguchi and T Onogi, *Phy. Rev. B*, **40**, No. 7 (1989) PP 4419-4422.

17. J Z Sun, C B Eom, B Lairson, J C Bravman and T H Gebille, *Phys. Rev. B*, **43** (1991) PP 3002-3008.