

## بررسی خواص ابررسانایی، ابررسانای $Bi_{1.6}Pb_{0.4}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$ پخته شده در دماهای مختلف

قربانی فیروزسالاری، جلال؛ اسمعیلی، اصغر؛ اصلاتی، میلاد؛

گروه فیزیک دانشگاه ارومیه، کیلومتر ۱۱ جاده سرو، ارومیه.

### چکیده

ابررسانای  $Bi_{1.6}Pb_{0.4}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$  در دماهای مختلف به روش واکنش حالت جامد تهیه شدند. خواص ترابردی نمونه ها به روش چهار-میله ای اندازه گیری شدند. نتایج پراش اشعه (XRD) نشان می‌دهند که نمونه تهیه شده در دمای ۸۴۸ دارای بیشترین مقدار فاز Bi-2223 (برابر ۷۰٪) می‌باشد. دمای گذار این نمونه نیز این مطاب را تایید می‌کنند. همچنین تصاویر SEM آنها نیز مورد بررسی قرار گرفت. تغییر دمای پخت از این مقدار بهینه، دمای گذار را کاهش می‌دهد. چگالی جریان این نمونه ها نیز مقایسه شدند.

## Properties of superconductivity, $Bi_{1.6}Pb_{0.4}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$ superconductors cooked at different temperatures

Ghorbani Firoozsalari, Jalal; Esmaeili, Asghar; Esalati, Milad

Physics department of urmia university, 11KMSero road, Urmia, Iran

### Abstract

$Bi_{1.6}Pb_{0.4}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$  superconductor prepared in different temperatures with Solid-State reaction method. The transport properties of the samples measured by Four-probe method. X-ray diffraction (XRD) results show that the supplied sample in 848 temperature has the highest Bi-2223 phase (equal to 70%). The transition temperature of this sample also confirms this subject. The images SEM are also studied. The deviation of the baking temperature from this optimized value, decreases the transition temperature current density of these samples were also investigated.

PACS No. 74

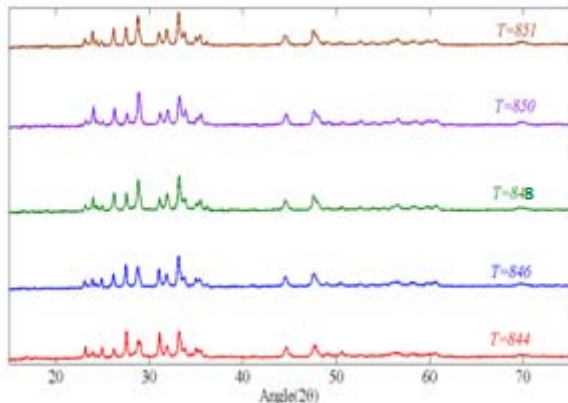
نوع GBها در ابررساناهای پایه Bi بیش از سایر کوپراتها به شرایط تهیه وابسته است. در این نوع ابررساناها، تشکیل فاز Bi-2223 بادمای گذار پایین (در حدود ۸۱ درجه کلونین) به لحاظ انرژی مطلوبتر از تشکیل فاز Bi-2223 با دمای گذار بالا (در حدود ۱۱۰ درجه کلونین) می‌باشد. برای دسترسی به فاز با دمای گذار بالا، تلاشهای مختلفی صورت گرفته است که آرایش با سرب به جای بیسموت از آن جمله است [3] بسته به نوع مرزدانه ها انواع پیوند جوزفسون از نوع SNS (ابررسانا-نرمال-ابررسانا) و SIS (ابررسانا-عایق-ابررسانا) میتوان ما بین دانه های ابررسانایی رخ دهد که مقدار چگالی جریان بحرانی و دمای گذار نمونه ها را تعیین می کنند.

### مقدمه

خواص ابررسانایی ابررساناهای دمای بالا به شرایط اولیه تهیه خیلی حساس می‌باشد. میزان اکسیژن گیری نمونه ها، شرایط دمایی محیط و آهنگ تغییرات دمایی در مرحله کلوخه سازی نمونه ها تعیین کننده ویژگیهای فیزیکی این نوع از ابررساناها می باشد. در این مرحله چگالی حفره ها، اندازه دانه های ابررسانایی و نوع مرزدانه ها (GB) شکل میگیرند که به نوبه خود می توانند نقش بسزایی در تغییر ساختار بلوری، چگالی جریان، دمای گذار و سایر مشخصه های میکروساختاری آنها داشته باشد. [1-2]

نتایج و بحث

طیف پراکندگی اشعه ی X (XRD) نمونه‌ها در شکل زیر نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است هیچ تغییری در ساختار بلوری نمونه‌ها ایجاد نشده است. با استفاده



شکل ۱: طیف اشعه X نمونه‌های پخته شده در دماهای مختلف.

از شدت پیکهای متناظر با فازهای Bi-2223 و Bi-2212 می‌توان کسر حجمی این فازها را با استفاده از روابط زیر بدست آورد [۴]:

$$Bi-2223(\%) = \frac{\sum I(Bi-2223)}{\sum I(Bi-2223) + \sum I(Bi-2212)}$$

$$Bi-2212(\%) = \frac{\sum I(Bi-2212)}{\sum I(Bi-2223) + \sum I(Bi-2212)}$$

که در اینجا I شدت پیکهای پراش می‌باشد. نتایج حاصل در جدول ۱ آورده شده‌اند. همان‌طور که مشخص است، بیشترین فاز Bi-2223 مربوط به نمونه با دمای پخت ۸۴۸ می‌باشد. همه نمونه‌ها عمده فازشان، فاز Bi-2223 می‌باشد

شکل (۲) منحنی تغییرات مقاومت الکتریکی بر حسب دمای کاهش یافته را نشان می‌دهد که در آن  $T_c$  در نمودارها دمای

در این مقاله، به منظور تغییر شرایط اولیه، فقط دمای پخت نمونه‌ها در بازه‌های کوچک ۱-۲ درجه کلویین تغییر یافت و سایر پارامترها نظیر مدت زمان، آهنگ افزایش و یا کاهش دما و میزان اکسیژن محیط برای تمام نمونه‌ها ثابت باقی می‌ماند. علت انجام این کار، پیدا کردن دمای پخت بهینه برای نمونه‌های حجیم پایه بیسموت به منظور دستیابی به حداکثر مقدار چگالی جریان و دمای گذار می‌باشد. تغییرات دمایی در بازه‌های بزرگ ۱۰-۵ و یا بیشتر تاکنون انجام گرفته است ولی اثر تغییرات در بازه‌های کوچک دمایی بر مرز دانه‌ها و خواص ابررسانایی می‌تواند مورد بحث باشد. در این آزمایش حساسیت دمای کوره ما 0/1 درجه کلویین می‌باشد

### روش ساخت نمونه‌ها

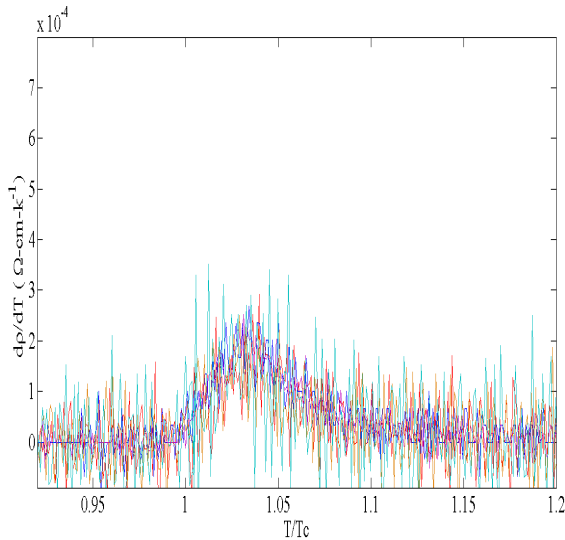
نمونه‌های  $Bi_{1.6}Pb_{0.4}Sr_2Ca_2O_y$  به روش حالت جامد ساخته شده‌اند.

پودرهای  $CuO$ ،  $CaCO_3$ ،  $SrCO_3$ ،  $PbO$ ،  $Bi_2O_3$  با درجه خلوص 3N و در صد وزنی مناسب با هم ترکیب شدند و پس از پرس با فشار ۱۶۳ مگا پاسکال به صورت قرص در آمدند. نمونه‌ها در دو مرحله پخت شدند. در مرحله اول دمای کوره با آهنگ ۵ درجه سانتی گراد بر دقیقه بالا رفت و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵۰ درجه باقی می‌ماند و سپس با آهنگ ۲ درجه بر دقیقه تا دمای پخت (متفاوت برای هر نمونه) بالا رفته و به مدت ۲۴ ساعت در آن باقی می‌ماند. در مرحله بعد، قرص‌های تکلیس شده آسیاب شده و دوباره تحت فشار به قرص تبدیل شده و سپس در کوره قرار می‌گیرد. آهنگ پخت نمونه‌ها در این مرحله شبیه مرحله قبل می‌باشد با این تفاوت که در دمای پخت مربوط به هر نمونه ۱۰۰ ساعت باقی می‌مانند. پس از برش میله‌ای نمونه‌ها، مقاومت الکتریکی و چگالی جریان آنها به روش استاندارد چهار میله‌ای اندازه‌گیری شدند. در این روش سیستم کنترل دما به صورت اتوماتیک و با استفاده از سیستم کنترل OXFORD ITC502 انجام شد. ساختار بلوری نمونه‌ها بوسیله دستگاه XRD با چشمه  $CuK_{\alpha}$  انجام گرفت.

جدول ۱: درصد فازها و چگالی جریان نمونه‌ها.

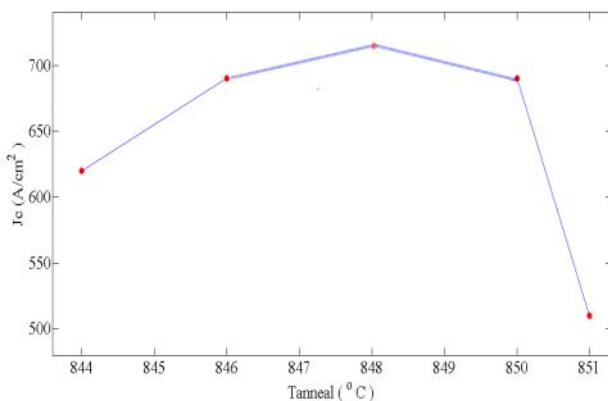
T <sub>anneal</sub>	۸۴۴	۸۴۶	۸۴۸	۸۵۰	۸۵۱
فاز	۵۷	۶۳	۷۰	۶۹	۶۷
Bi2223(%)					
فاز	۷۳	۳۷	۳۰	۳۱	۳۳
Bi2212(%)					
J <sub>c</sub> (A/cm <sup>2</sup> )	۶۲۰	۶۷۰	۶۹۰	۶۷۰	۵۱۰

تغییرات مشاهده شده در دمای گذار برای نمونه‌های مختلف در شکل ۴ نمایش داده شده است. با توجه به موارد ذکر شده قبلی می‌توان نتیجه گرفت که با تغییر دمای پخت نمونه‌ها در بازه‌های کوچک ۱-۲ درجه‌ای مرز دانه‌ها تغییر چندانی نمی‌کنند و خود دانه‌های ابررسانا هستند که تحت تاثیر قرار می‌گیرند.



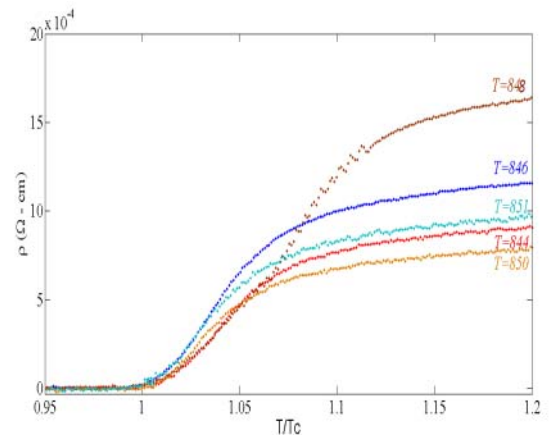
شکل ۳: مشتق نمونه‌ها بر حسب دما برای تمام نمونه‌ها

چگالی جریان بحرانی نمونه‌ها در دمای ۸۰ درجه کلون در شکل ۴ نشان داده شده‌اند. همانطور که از جدول ۱ نیز مشخص است بیشترین مقدار چگالی بحرانی جریان مربوط به نمونه‌های ساخته شده در دمای ۸۴۸ می‌باشند.



شکل ۴: چگالی جریان بحرانی نمونه‌ها بر حسب دمای پخت آنها.

مربوط به دمای مقاومت صفر انتخاب شده است. همانطور که از شکل مشخص است تمام نمونه‌ها در فاز نرمال رفتار فلزی از خود نشان می‌دهند. علیرغم اینکه نمونه تهیه شده در دمای ۸۴۸ دارای بیشترین مقاومت نرمال می‌باشد، این نمونه دارای بیشترین دمای گذار نیز هست. که این نتیجه کاملاً با نتایج XRD سازگار است. سایر دماهای خارج از این بازه دماهای گذار خیلی پائینی را نتیجه دادند. نوسانات در نمودارها مربوط به نوسانات برق شهری بوده و علت رسم کردن همه نمودارها در یک شکل بهتر نشان داد اختلاف دمای گذار می‌باشد.

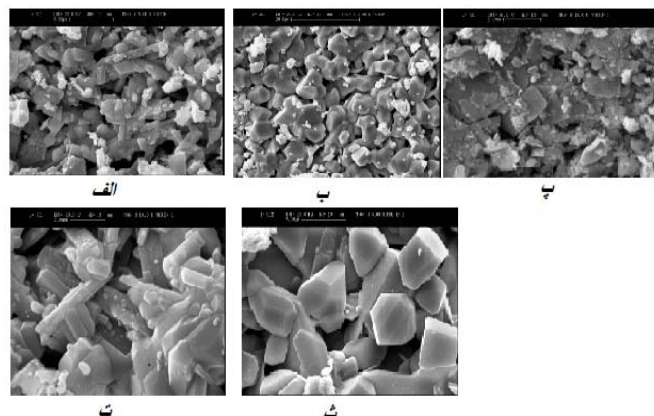


شکل ۲: منحنی مقاومت بر حسب دما برای نمونه‌ها

در شکل (۳) منحنی مشتق مقاومت بر حسب دمای کاهش یافته نشان داده شده است. تغییرات قله این منحنی برای تمام نمونه‌ها در مقایسه با هم خیلی ناچیز است و میتوان نتیجه گرفت که جفت شدگی بین دانه‌ای در نواحی ارتباطات ضعیف (Weak-Link) برای نمونه‌های مختلف تغییرات چندانی نداشته است.

با افزایش فاز Bi-2212 در ابررساناهای پایه بیسموت، چگالی جریان بحرانی کاهش می یابد [۵]. بنابراین می توان نتیجه گرفت که نمونه ساخته شده در دمای ۸۴۸ دارای بیشترین فاز Bi-2223 می باشند. طیف XRD هم این نتیجه را تأیید می کنند.

شکل ۵ تصویر SEM مربوط به هر نمونه را نشان می دهد



شکل ۵: تصویر SEM ماده پخته شده در دمای ۸۴۴، ب ماده پخته شده در دمای ۸۴۶، پ ماده پخته شده در دمای ۸۴۸، ت ماده پخته شده در دمای ۸۵۰، ث ماده پخته شده در دمای ۸۵۱

با استفاده از نرم افزار *measurment* اندازه دانه ها و مرز دانه ها را به دست آوردیم و با هم مقایسه کردیم

جدول ۲: اندازه دانه ها.

نام نمونه ها	۸۴۴	۸۴۶	۸۴۸	۸۵۰	۸۵۱
اندازه دانه ها بر حسب میکرو متر	۶۳/۲۶	۶۲/۹۳	۶۶/۶۷	۶۳/۰۹	۶۱/۵۹

### نتیجه گیری کلی

نتایج بحث شده در این مقاله نشان می دهند که تغییرات جزئی در دمای پخت نیز می تواند خواص ابررسانایی نمونه های پایه بیسموت را تغییر دهند. طیف اشعه X، مقاومت و چگالی جریان نمونه ها نشان می دهند که دمای ۸۴۸ به عنوان دمای بهینه پخت، دارای بیشترین دمای گذار و چگالی جریان بحرانی است. درصد بیشتر فاز Bi-2223 برای این نمونه در مقایسه با سایر نمونه ها نیز کاملاً این نتایج را تأیید کرد. همچنین با بررسی عکس SEM و جدول ۲ می توان به این نکته پی برد که تغییرات جزئی در دمای پخت اندازه دانه ها را زیاد تحت تاثیر قرار نمی دهد

### تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از زحمات آقای پروفیسور خدابخش که در این راه خیلی ما راهنمای کردن کمال تشکر و قدر دانی را داریم این کار در آزمایشگاه ابررسانایی دانشگاه ارومیه انجام شد و تصاویر SEM آن در پژوهشگاه مواد و انرژی کرج گرفته شده

### مرجع ها

- [1] H. Maeda, Y. Tanaka, M. Fukutumi, and T. Asano *Jpn. J. Appl. Phys.* **27**, 2 (1988).  
A.I. Romanenko et al, *Physica C* **337**, 327–330 (2000).
- [2] Yasuhiko Takemura, Masashi Hongo and Shumpei Yamazaki, *Jpn. J. Appl. Phys.* **28** pp. L916-L919 (1989).
- [3] I. Karaca et al, *Supercond. Sci. Technol.* **16**, 100 (2003)
- [4] P. Kameli, H. Salamati, M. Eslami, *Solid State Communications* **137**, 30 (2006)