پژوهشهای نوین فیزیک (نشریه علوم دانشگاه خوارزمی)

# ساخت و بررسی خواص ابررسانایSmBa2Cu3O7-5 آلاییده با نانوذرات Al2O3

مرتضی زرگرشوشتری\*، بهمن رستمی، منصور فربد؛ دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکدهٔ علوم، گروه فیزیک دریافت: ۹۴/۲/۲۲ پذیرش: ۹۴/۷/۵

#### چکیدہ

ابررساتای (SBCO) هیSmBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-6</sub> (SBCO) با استفاده از روش واکنش حالت جامدی و همچنین نانوذرات آلومینا (γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) بهروش سل- ژل خوداحتراقی با اندازهٔ متوسط ۷۰nm ساخته و با نانوذرات آلومینای (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) شرکت سیگما با اندازهٔ متوسط ۵۰nm مقابسه شدند. سپس ابررسانای SBCO را با درصدهای مختلف از نانوذرات آلومینا آلایش داده و خواص آن بررسی شدند و همچنین ضریب اکسیژن نمونههای ساخته شده بهروش تیتراسیون یدمتری اندازه گیری شد. نتایج بهدست آمده نشان دادند که با آلایش ابررسانا با نانوذرات آلومینا، ضریب اکسیژن و دمای بحرانی نمونهها کاهش می ابد. در بررسی نمودار مقاومت ویژه بر حسب دما، نمونهها در حالت عادی رفتار نیمرسانایی نشان دادند، یعنی با افزایش دما، مقاومت ویژه کاهش یافت. همچنین مشاهده شد که چگالی جریان بحرانی نمونه با ۲٫۰ درصد آلایش وزنی، افزایش دما، مقاومت ویژه کاهش یافت. همچنین مشاهده شد که چگالی جریان بحرانی نمونه با ۲٫۰ درصد آلایش وزنی، افزایش دما، مقاومت ویژه کاهش یافت. همچنین مشاهده شد که چگالی جریان بحرانی نمونه ای ۲٫۰ درصد آلایش وزنی، افزایش دادند که نانوذرات آلومینا در فرایند ساخت تجزیه نشده و در نتیجه در ساختار بلوری ابررسانا وارد نشده اند. برخی از قلههای پررسانا در الگوی پراش اشعهٔ X نمونههای آلاییده حذف شده و پهنای قلهها نسبت به نمونهٔ خالص بیش تر شده است. بررسی تصویرهای SEC نمونههای آلاییده نشان داد که نانوذرات آلومینا روی دانهها و مرزدانههای ابررسانا جای گرفتهای بررسانا در الگوی پراش اشعهٔ X نمونههای آلاییده حذف شده و پهنای قلهها نسبت به نمونهٔ خالص بیش تر شده است.

#### مقدمه

در سال ۱۹۸۷ ابررسانایی با دمای بحرانی ۸ ۹۰ در ترکیب (YBCO) (YBCO) کشف شد [۱]. جای گزینی سایر عناصر خاکی نادر مانند Sm به جای Y در ترکیب YBCO تأثیر چندانی روی To نگذاشت و برای نخستین بار مشاهدهٔ حالت ابررسانایی در دمایی بیشتر از دمای ازت مایع (۷۲ K) امکان پذیر شد[۲]. با توجه به چشم انداز پدیدهٔ ابررسانایی و هم چنین نانوفناوری در صنعت، بررسی تأثیر افزودن نانوذرات به ابررساناها اهمیت می یابد. آلومینا (Al2O3) یکی از مهم ترین مواد سرامیکی است. خواص متنوع آلومینا سبب کاربردهای مفیدی از آن شده است. آلومینا، دمای ذوب بالایی در حدود ۲۰۵۴ دارد و از نظر شیمیایی بسیار پایدار و واکنش ناپذیر است [۳]. در این پژوهش ابتدا نانوذرات آلومینا را ساخته و با نمونهٔ خریداری شده مقایسه و سپس اثر افزودن نانوذرات Al2O3 به ابررسانای (SBC0) میکی از SmBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-6</sub> (SBCO)

<sup>\*</sup>نویسنده مسئول: zargar@scu.ac.ir

# روشکار

ساخت نانوذرات آلومینا بهروش سل- ژل خوداحتراقی

برای ساخت نانوذرات آلومینا (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) از مواد اولیهٔ نیترات آلومینیوم ۹ آبه (Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>. 9H<sub>2</sub>O)، گلیسین (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>NO<sub>2</sub>) و محلول آمونیاک ٪۲۵ (NH<sub>4</sub>OH) ساخت شرکت MERCK استفاده شد. برای تعیین مقادیر مواد اولیه از معادلهٔ شیمیایی ۱ استفاده شده است. در جدول ۱ مقدار مواد اولیه لازم برای تهیهٔ ۵g مادهٔ آلومینا آورده شده است.

 $\Upsilon \operatorname{Al}(\operatorname{NO}_{\mathsf{r}})_{\mathsf{r}} . \operatorname{PH}_{\mathsf{r}}O + \operatorname{PC}_{\mathsf{r}}\operatorname{H}_{\diamond}\operatorname{NO}_{\mathsf{r}} \to \operatorname{Al}_{\mathsf{r}}\operatorname{O}_{\mathsf{r}} + \operatorname{PCO}_{\mathsf{r}} + \operatorname{PCH}_{\mathsf{r}}O + \operatorname{PN}_{\mathsf{r}}$ 

جدول ۱. مقادیر جرم مولی و جرم مورد نیاز از مواد اولیه برای ساخت g ۵ مادهٔ آلومینا.			
جرم مورد نیاز برای ساخت ۵g مادهٔ آلومینا	جرم مولی	مواد اوليه	
TITTA g	۳۲۵٬۱۳ g/mol	نيترات آلومينيوم ٩ آبه	
1,848t g	۲۵٫۱ g/mol	گليسين	

مواد اولیهٔ توزین شده را در یک بشر ریخته و مقدار مشخصی آب یونزدایی شده روی آنها ریخته شد. آهنربایی کپسول مانند را درون بشر قرار داده و آنرا روی همزن مغناطیسی گذاشته تا مواد اولیه بهطور کامل در محلول پخش شوند. سپس با آمونیاک، pH محلول به ۷ رسانده شد. محلول حاصل را روی همزن مغناطیسی قرار داده و بهمدت ۱۲ ساعت در دمای  $2^\circ ۶ ^$  ثابت نگه داشته شد، تا محلول به شکل ژل در آید. ژل حاصل را در آون که دمای آن  $2^\circ ۰۹$  بود گذاشته تا کامل خشک شود. مادهٔ خشک شده را آسیا کرده، سپس در بوتهٔ آلومینا قرار داده شد. پس از آن، بوته را در کوره گذاشته و تا دمای  $2^\circ ۴۰۰$  حرارت داده شد تا احتراق رخ دهد. محصول احتراق را دوباره آسیا نموده و در بوتهٔ آلومینا قرار داده و در دمای  $2^\circ ۴۰۰$  حرارت داده شد تا احتراق رخ دهد. محصول احتراق را دوباره آسیا نموده و در بوتهٔ آلومینا قرار داده و در دمای  $2^\circ ۴۰۰$  مرارت داده شد تا محتراق رخ دهد. محصول احتراق را دوباره آسیا نموده و در بوتهٔ آلومینا قرار داده و در دمای  $2^\circ ۴۰۰$ 

## ساخت ابررسانای SmBa2Cu3O7-6 بهروش حالت جامد

برای ساخت نمونهٔ ابررسانا از مواد اولیه BaCO<sub>3</sub> و CuO ساخت شرکت MERCK و Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ساخت شرکت SDFCL و Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ساخت شرکت SDFCL استفاده شد. در گام نخست، توزین مواد اولیه بر اساس استوکیومتری معادلهٔ شیمیایی ۲ با ترازوی دیجیتالی با دقت g <sup>+1</sup> انجام شد. در جدول ۲ جرم مولی و جرم مورد نیاز از مواد اولیه برای ساخت نمونهٔ دو گرمی ابررسانای SBCO آورده شده است.

$$Sm_2O_3 + 4BaCO_3 + 6CuO \rightarrow 2SmBa_2Cu_3O_{7-\delta} + 4CO_2 \tag{7}$$

مواد اولیه پس از توزین در هاون و بهوسیلهٔ اسپاتول حدود ۱۵ دقیقه مخلوط شدند. پس از آن، مخلوط با دستهٔ هاون حدود یک ساعت آسیا شد تا پودر نرم یکنواخت با رنگ قهوهای روشنی بهدست آید. برای اینکه محیط مخلوط و آسیا کردن همواره خشک بماند، تمام مراحل مخلوط و آسیا در دمایی بیشتر از دمای اتاق انجام گرفت. در این مرحله برای تکلیس، پودر حاصل را در بوته آلومینا قرار داده و کوره با آهنگ  $\frac{2^\circ}{\min} a$ تا دمای  $2^\circ$  ۴۰ بالا برده شد و ۲۴ ساعت در

(1)

این دما نگه داشته شد. سپس نمونه با آهنگ <sup>℃</sup> min تا دمای اتاق سرد شد. برای همگنی بیش تر و اطمینان از خروج کامل CO<sub>2</sub>، مرحلهٔ تکلیس را دو بار تکرار و قبل از هر تکرار، نمونه، دوباره آسیا شد. در انتهای فرایند محصولی سیاه رنگ و ترد بهدست آمد.

1			
	جرم مورد نیاز (g)	جرم مولی ( g/mol)	مادہ
	۰٬۴۳۱۸	۳۴۸٬۸۰	Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	٠٫٩٧٧٣	۲۹٬۵۵	BaCO <sub>3</sub>
	۰ ، ۵۹ · ۹	۱۹۷٫۳۵	CuO

جدول ۲. جرم مولى و جرم مورد نياز براى تهيهٔ ۲ گرم مادهٔ اوليهٔ ابررسانا.

## آلایش ابررسانای SBCO به نانوذرات آلومینا

با توجه به این که گسترهٔ اندازهٔ نانوذرات آلومینای (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ساخته شده محدود نبود و برای استفاده از نانوذرات آلومینای اندازهٔ کوچکتر و گسترهٔ کمتر، تصمیم گرفته شد که برای آلایش ابررسانای SmBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-8</sub> از نانوذرات خریداری شده از شرکت SIGMA با اندازهٔ حدود nm ۵۰ استفاده شود. درصد وزنی آلایش مادهٔ ابررسانای SBCO بهنانوذرات آلومینا ۱/۰ و ۱ در نظر گرفته شد. آلایش ۱ درصد نمونه، یعنی ۱۰/۰ جرم کل نمونه، جرم مادهٔ آلاییده (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) و آلایش ۱/۰ درصد یعنی ۱۰/۰۱ جرم کل نمونه، جرم مادهٔ آلاییده باشد. جدول ۳ مقدارهای مورد نیاز برای تهیهٔ ۲۶ نمونه ابررسانای SBCO آلاییده به ۱ درصد (SmO1) و ۱/۰ درصد با (SmO01) آلومینیا را نشان میدهد. نانوذرات آلومینا پس از مرحلهٔ تکلیس ابررسانای SBCO به آن افزوده شد و نمونههای ابررسانای آلاییده مانند فرایند پخت ابررسانای خالص، با فشار یکسان قالب زده و در کوره تحت اتمسفر اکسیژن قرار گرفتند.

جدول ۳. مقدارهای محاسبه شده نانوذرات Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> برای نمونههای آلاییده ابررسانای SBCO.

جرم مورد نياز نانوذرات آلومينا	جرم مورد نیاز از ابررسانا	جرم كل نمونه آلاييده	درصد آلايش نانوذرات آلومينا	نمونه
•,• <b>۲</b> g	۱/۹۸ g	۲g	۱ ٪.	(Sm01)
•,•• <b>۲</b> g	۱, <b>۹۹</b> ۸ g	<b>Y</b> g	• <sub>1</sub> ) %.	(Sm001)

### بحث و بررسی

#### مشاهدهٔ اثر مایسنر

ابررسانای خالص یعنی نمونهٔ (Sm00) و آلاییدهٔ ۰٫۱۰ درصدی یعنی نمونهٔ (Sm001) بهخوبی پرواز آهنربا را روی ابررسانا (اثر مایسنر) در دمای ۷۲ نشان دادند، ولی برای ابررسانای آلاییدهٔ ۱ درصدی یعنی نمونهٔ (Sm01) این اثر مشاهده نشد.

### نتايج XRD

برای بهدست آوردن الگوی پراش اشعهٔ ایکس (XRD) نمونهها، از دستگاه XRD مدل پودری PW1840 ساخت شرکت فیلیپس آلمان با آند مس ( $\hat{A}$  الم $\hat{A}$ ) دانشگاه شهید چمران اهواز استفاده شد. در شکل ۱ الگویهای پراش اشعهٔ ایکس نانوذرات آلومینای ساخته شده، تشکیل فاز  $\gamma$ ی آلومینا را با تطابق با کارت استاندارد JCPDS به شمارهٔ ۲۰۰۳ حدود ۸۰ درصد و مقداری ناخالصی فاز  $\theta$ ی آلومینا را تأیید میکند. در شکل ۲ الگوی پراش نانوذرات آلومینا استفاده شده برای آلایش ابررسانا ساخت شرکت SIGMA آورده شده است. اختلاف پهنای قلهها در الگوهای پراش شکلهای ۱ و ۲ نشاندهندهٔ کوچک بودن اندازهٔ ذرات آلومینای نمونهٔ خریداری شده نسبت بهنمونهٔ ساخته شده است.

الگوی پراش اشعهٔ ایکس ابررسانای SmBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-5</sub> خالص ((Sm00)) و مقایسه با کارت استاندارد JCPDS به شمارهٔ ۱۹۸۳–۱۸۰-۱ در شکل ۳ نشان داده شده است. با بررسی آن فاز اورتورومبیک نمونهٔ (Sm00) تأیید شد. در شکل ۴ هر سه الگوی پراش اشعهٔ X نمونههای (Sm00)، (Sm00) و (Sm01) آورده شده است. با افزایش میزان درصد آلایش در ابررسانا قلههای دوتایی در زوایای ۷۸ و ۵۶ درجه در هم ادغام شدهاند که بهدلیل کمبود اکسیژن و در نتیجه اثر حضور نانوذرات در ابررسانا را نشان میدهد. در شکل ۵ الگوی پراش اشعهٔ ایکس نمونهٔ (Sm00) و نمونهٔ (Sm01) در مقایسه با الگوی پراش نانوذرات آلومینای شرکت SIGMA آورده شده است. با بررسی آنها قلههای نانوذرات آلومینا بهدلیل مقدار کم آلایش و دقت دستگاه XRD استفاده شده، در نمونههای ابررسانای آلاییده مشاهده نشد. ولی با افزایش میزان آلایش نانوذرات آلومینا سبب کاهش اکسیژن نمونهها و ادغام برخی از قلههای کنار هم ابررسانا و همچنین پهنتر شدن قلهها شده است.

در جدول ۴ حجم یاختهٔ قراردادی و ثابتهای شبکهٔ بلوری نمونههای ابررسانای ساخته شده آورده شده است. مشاهده می شود که حجم یاختهٔ نمونهها تغییر قابل ملاحظهای را نشان نمی دهد؛ این می تواند به دلیل عدم تجزیهٔ نانوذرات Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> و جانشینی Al در ساختار ابررسانا باشد.

منطبق بر کارت استاندارد	V (Å)	c (Å)	b (Å)	a (Å)	نمونه
JCPDS 1-+A1-1AYT	۱۷۵٬۵۴	۱ ۱٬۶۸۸۸	۳٫۹۰۰۳	٣٫٨۵٠۵	(Sm00)
JCPDS 1-+Λ1-1ΛΥΨ	120/62	۱۱٬۶۸۳۵	٣ <sub>/</sub> ៱٩៱៱	۳,۸۵۱۲	(Sm001)
JCPDS 1-•Λ1-1ΛΥΨ	140,04	11,7137	٣ <sub>/</sub> ៱٩៱៱	۳,8482	(Sm01)

جدول ۴. ثابتهای شبکهٔ بلوری نمونههای ابررسانای خالص و آلاییده.



شكل ۴. مقایسهٔ الگوی پراش نمونههای آلاییده و خالص ابررسانا.



شکل ۵. الگوی پراش نمونهٔ (Sm001) و (Sm01) در مقایسه با الگوی پراش نانوذرات شرکت SIGMA.

## نتايج SEM

برای بررسی ریخت نمونههای ابررسانای SYBCO و نانوذرات آلومینای ساخته شده و خریداری شده (SIGMA) دانشگاه شهید چمران اهواز استفاده شد. تصویرهای SEM نانوذرات آلومینای ساخته شده و خریداری شده (SIGMA) در شکل ۶ نشان داده شدهاند. بهوسیلهٔ نرمافزار Digimizer، اندازهٔ متوسط نانوذرات آلومینای ساخته شده و خریداری شده (SIGMA) در شکل ۶ نشان داده شدهاند. بهوسیلهٔ نرمافزار Siginizer در حدود ۷۰ و ۵۰ نانومتر با خطای mm± اندازه گیری شدند. تصویر شده با توجه به شکل ۶- الف و ب بهترتیب در حدود ۷۰ و ۵۰ نانومتر با خطای mm± اندازه گیری شدند. تصویر SEM نمونهٔ خالص ابررسانای SECO یعنی (SmO0) در شکل ۷ نشان داده شده است. در این شکل، دانهای بودن ابررسانا و همچنین منافذ و خلل و فرجهای موجود در نمونه مشاهده میشود. تصویر SEM نمونهٔ (Smou) در شکل ۸ نشان داده شده است. در این شکل، دانهای بودن ۸ نشان داده شده است. در این شکل، دانهای بودن مدن ابررسانا و همچنین منافذ و خلل و فرجهای موجود در نمونه مشاهده میشود. تصویر SEM نمونهٔ (Smou) در شکل ۸ نشان داده شده است. در این شکل، دانهای بودن ۸ نمان داده شده است. در این شکل، دانهای بودن ۸ نمان داده شده است. در این شکل، دانهای بودن ۸ منان داده شده است. در این شکل، دانهای بودن ۸ میشان داده شده است. در این شکل، دانهای و خلل و فرجهای موجود در نمونه نیز قابل مشاهده است. همچنین نانوذرات آلومینا را که بر روی سطح دانه ما مرزدانه ها و در منافذ قرار گرفته در می توان مشاهده کرد. این نانوذرات سبب کاهش منهان داده شده است. در این حالت با توجه به افزایش میزان ناخالصی نسبت به نمونه های بدون آلایش و آلایش کم تر، نشان داده شده است. در این حالت با توجه به افزایش میزان ناخالصی نسبت به نمونه های بدون آلایش و آلایش کم تر، نانوذرات آلومینا را به راحتی می توان در سطح دانه ها و مرزدانه ها و منافذ ایررسانا مشاهده کرد. این نتیجه نشان می ده نانوذرات آلومینا را به راحتی می توان در سطح دانه و میزان ناخالصی نسبت به نمونه های بردی آلایش می در نانوزرات آلومینا را به راحتی می توان در سطح دانه و مرزدانه و منافذ ایررسانا مشاهده کرد. این نتیجه نشان می ده دنانوزرات آلومینا را به راحتی می توان در سطح دانه و SBCO تر کالومی نام می می و می نانوزرات آلومینا را به راحتی می توان در سطح دانه و SEO توانه می در نانما می می نون در می می در نام می می نون در

# اندازه گیری ضریب اکسیژن

ضریب اکسیژن نمونههای ابررسانای خالص و آلاییدهٔ (Sm00)، (Sm001) و (Sm01) بهروش تیتراسیون یدمتری [۵] بهترتیب ۶٬۶۵، ۶٬۶۵ و ۶٬۴۹ بهدست آمد. در روش دیگر با استفاده از مقدار ثابت شبکهٔ بلوری c (رابطهٔ نیمه تجربی ۳) [۶] ضریب اکسیژن نمونههای (Sm00)، (Sm00) و (Sm01) بهترتیب ۶٬۸۰، ۶٬۸۶ و ۶٬۶۵ محاسبه شد.



شکل ۶. تصویرهای SEM نانوذرات (الف) آلومینای ساخته شده و (ب) SIGMA.



شکل ۷. تصویر SEM ابررسانای خالص نمونهٔ (Sm00).



شکل ۸. تصویر SEM ابررسانای آلاییده نمونهٔ (Sm001).



شکل ۹. تصویر SEM ابررسانای آلاییده نمونهٔ (Sm01) با ۲ بزرگنمایی (الف) ۱µm و (ب) ۲۰۰ nm.

پژوهشهای نوین فیزیک (نشریه علوم دانشگاه خوارزمی)

$$(7-\delta)=75.250-5.856$$
 c (°)

هر چند نتایج دو روش تا حدودی اختلاف دارند، ولی روند مقادیر بهدست آمده برای ضریب اکسیژن نمونههای ابررسانای ساخته شده نشان میدهد که با افزایش میزان درصد آلایش، ضریب اکسیژن نمونهها کاهش مییابد.

# بررسى نمودار ولتاژ برحسب جريان

نمودارهای ولتاژ بر حسب جریان نمونههای ابررسانای خالص و آلاییده شده با نانوذرات آلومینا در دمای ازت مایع یعنی ۷۲K اندازه گیری شدند. در جدول ۵ مقادیر چگالی جریان بحرانی (Jc) و مساحت سطح مقطع برای نمونههای ابررسانا آورده شده است. چگالی جریان بحرانی نمونهٔ (Jc) هنگامی که اختلاف ولتاژ دو نقطه نمونهٔ ابررسانا شروع به ظاهر شدن می کند و Jco هنگامی است که نمودار J-V با افزایش جریان به طور خطی رفتار می کند. نمودار مقایسهای چگالی جریان بر حسب ولتاژ (J-V) نمونههای (Sm00)، (Sm001) و (Sm01) در شکل ۱۰ نشان داده شده است. با توجه به نمودار J-V نمونههای خالص و آلاییدهٔ ابررسانای SBCO و (Sm01) در شکل ۱۰ نشان داده شده است. با توجه چگالی جریان بحرانی ابررسانا هستیم؛ ولی با افزایش میزان درصد ناخالصی به ۱۰ درصد در ابررسانا، شاهد کاهش شدید چگالی جریان بحرانی ابررسانا هستیم؛ ولی با افزایش میزان درصد ناخالصی به ۱۰ درصد در ابررسانا در آلایش ۱۱ شدید چگالی جریان بحرانی ابررسانا هستیم؛ ولی با افزایش میزان درصد ناخالصی به ۱۰ درصد در ابررسانا در آلایش ۱۱ شدید چگالی جریان بحرانی ابررسانا هستیم؛ ولی با افزایش میزان درصد ناخالصی به ۱۰ درصد در ابررسانا در آلایش ۱۱ شدید چگالی جریان بحرانی ابررسانا هر بیم آن را میتوان به کاهش شدید دمای بحرانی نمونهٔ ابررسانا در آلایش ۱

طع نمونههای ابررسانا.	ان بحرانی و سطح مق	مدول ۵. چگالی جریا
-----------------------	--------------------	--------------------

J <sub>co</sub> (A/cm <sup>2</sup> )	J <sub>c</sub> (A/cm <sup>2</sup> )	مساحت سطح مقطع نمونه (A(cm²	نام نمونه
۴	۶٬۵۴	•,11	(Sm00)
۲٩,۵	۵۶٬۴	• ، ۲۱	(Sm001)
-	٠,١	۰,۱۲	(Sm01)



شکل ۱۰. نمودار V-J مقایسهای ابررساناهای خالص و آلاییدهٔ SBCO.

•

## بررسی نمودار مقاومت ویژه بر حسب دما

دمای بحرانی نمونه به به روش چهار میله ای اندازه گیری شد. مقایسهٔ نمودارهای مقاومت ویژه (به هنجار شده به بیشینهٔ هر نمونه) بر حسب دما برای ابررسانای خالص و آلاییده 5.0Ba2Cu<sub>3</sub>O معنی نمونههای (Sm00)) و (Sm01) در شکل ۱۱ آورده شده است. مقادیر دمای بحرانی به دست آمده از نمودارهای شکل ۱۱، در (Sm00) و (Sm01) در شکل ۱۱ آورده شده است. مقادیر دمای بحرانی به دست آمده از نمودارهای شکل ۱۱، در جدول ۶ آمده است. در این جدول *T*<sub>conset</sub> دمای است که در زیر آن، مقاومت الکتریکی نمونه شروع به افت فیرخطی با کاهش دما می کند و *T*<sub>conset</sub> دمای بحرانی که زیر این دما، مقاومت الکتریکی نمونه شروع به افت افزودن نانوذرات آلومینا، دمای بحرانی نمونه ها کاهش یافته و در آلایش ۱۱، در صد، کاهش دمای بحرانی در حد چندین کلوین است؛ ولی در آلایش ۱۱ درصد، دمای بحرانی نمونه کاهش شدیدی دارد و نزدیک به دمای از مایع، افزودن مایع بعرانی در مدر می شود. با معنون از کارین از کارین ۱۷ در مای بحرانی در مای بحرانی دما، مقاومت الکتریکی نمونه صفر می شود. با افزودن نانوذرات آلومینا، دمای بحرانی نمونه ها کاهش یافته و در آلایش ۱۱، درصد، کاهش دمای بحرانی در حد چندین کلوین است؛ ولی در آلایش ۱۱ درصد، دمای بحرانی در حد می جندین کلوین است؛ ولی در آلایش ۱ درصد، دمای بحرانی نمونه کاهش شدیدی دارد و نزدیک به دمای ازت مایع، می توان به کمبود اکسیژن نمونه ها نمونه ها کاهش یافته و در آلایش شدیدی دارد و نزدیک به دمای ازت مایع، می توان به کمبود اکسیژن نمونهها نسبت داد [۷]. در مورد مشابه، آلایش ابررسانای از خود نشان دادند و آن را میونینا، باعث کاهش دمای بحرانی نمونه ها شده است [ ۸ و ۹]. برخلاف رفتار ابررسانای SmBa2Cu<sub>3</sub>O<sub>7-6</sub> در این پژوهش می توان باعث کاهش دمای بحرانی نمونه ها دره ای از اومینا، باعث کاهش دمای بحرانی نمونهها شده است [ ۸ و ۹]. برخلاف رفتار ابررسانای SmBa2Cu<sub>3</sub>O<sub>7-6</sub> در این پژوهش گذار که با ورود نانوذرات آلومینا رفتار فلزگونه دارد [۹]، رفتار ابررسانای SmBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-6</sub> در این پژوهش ایبررساناگونه است.



شکل ۱۱. نمودار مقایسهای مقاومت ویژه بر حسب دمای نمونههای خالص و آلاییدهٔ SBCO.

			0, 1
ΔΤ (Κ)	T <sub>conset</sub> (K)	T <sub>coffset</sub> (K)	نام نمونه
۱۵	1.8	٩١	(Sm00)
١٣	1	٨٧	(Sm001)
11	٩٠	YY	(Sm01)

جدول ۶. دمای بحرانی نمونههای ابررسانای خالص و آلاییدهٔ SBCO

### نتيجهگيرى

نانوذرات آلومینا (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) فاز γ با اندازهٔ متوسط ۲۰nm بهروش سل- ژل خوداحتراقی ساخته شد. همچنین پس از ساخت ابررسانای SmBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-6</sub> بهروش واکنش حالت جامدی، آنرا با نانوذرات Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> با درصدهای مختلف

آلایش داده و اثر افزودن نانوذرات آلومینا بهابررسانا بررسی شد. با افزایش درصد وزنی نانوذرات آلومینا بهابررسانا، ضریب اکسیژن و دمای بحرانی نمونهها کم شد. چگالی جریان بحرانی در آلایش ۰٫۱ درصد، افزایش چشم گیری و با افزایش میزان آلایش در ۱ درصد کاهش شدیدی داشت. با توجه بهنتایج الگوهای پراش اشعهٔ ایکس و تصویرهای SEM، نانوذرات Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> تجزیه نشده و در ساختار بلوری ابررسانا وارد نشدهاند و روی سطح دانهها، مرزدانهها و در خلل و فرجهای نمونه قرار می گیرند.

## منابع

- 1. Wu M. K. and et.al, Superconductivity at 93 K in a new mixed-phase Y-Ba-Cu-0 compound cystem at ambient pressure, Phys. Rev. Lett. 58 (1987) 908-910.
- ۲. اخوان، محمد؛ یمنی، زهراسادات؛ *پیشرفتهای ابررسانایی دمای بالا، مو*سسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، (۱۳۸۱) چاپ اول.
- Doremus R., Shackelford J., Ceramic and glass materials structure properties and processing, (2008) Springer.
- Abedini khorrami S. and et.al, Preparation of γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanocrystallites by sol gel auto combustion process and production of Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> aluminium matrix composites, Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, Vol. **7** No. 3 (2012).

۵. بروایه، لیلا؛ *ساخت ابررسانای سرامیکی HoBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-δ</sub> و بررسی خواص آن*، پایاننامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز (۱۳۸۰).

- Benzi P., Bottizzo E., Rizzi N., Oxygen determination from cell dimensions in YBCO superconductors, Journal of Crystal Growth 269 (2004) 625-629.
- Marcus J. and et.al, High temperature superconductivity in SmBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> transport properties and effect of pressure, J. Phys. France 49 (1988) 111-120.
- Albiss B. A. and et.al, Polycrystalline YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-δ</sub> with Nano-sized Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Inclusions, J Supercond Nov Magn 23 (2010) 1333–1340.
- Suan M. S. M., and Johan M. R., Synthesis of Al2O3 nanoparticles highly distributed in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub> superconductor by citrate–nitrate auto-combustion reaction, Physica C 492 (2013) 49-54.