

بررسی ابررسانای $ErBa_{2-x}K_xCu_3O_{7-\delta}$

حاجتی، یاسر^۱؛ زرگر شوشتری، مرتضی^۲؛ فرید، منصور^۳

^{۱،۲،۳}گروه فیزیک دانشگاه شهید چمران، اهواز

چکیده

نمونه‌های ابررسانای $ErBa_{2-x}K_xCu_3O_{7-\delta}$ به روش حالت جامد برای مقادیر $x = 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6$ با شرایط پخت یکسان ساخته شدند. دمای گذار (T_C)، چگالی جریان بحرانی (J_C)، ترموپاور در دمای اتاق (S)، ضریب اکسیژن و پارامترهای شبکه نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش میزان پتاسیم، دمای گذار نمونه‌ها کاهش می‌یابد ولی این روند منظم نیست. با توجه به نتایج بدست آمده، علت کاهش T_C ، خروج اکسیژن از نمونه‌های ابررسانا با افزایش پتاسیم بوده است. برای رفع این مشکل، نمونه‌ها به مدت ۱۸ ساعت اکسیژن‌دهی شدند که این امر افزایش T_C تمامی نمونه‌های آلانیده با پتاسیم را به دنبال داشت.

INVESTIGATION OF $ErBa_{2-x}K_xCu_3O_{7-\delta}$ SUPERCONDUCTOR

Hajati, Yaser¹; Zargar Sshushtari, Morteza²; Farbod, Mansour³
^{1,2,3}Physics Department, Shahid Chamran University, Ahwaz

Abstract

Samples of $ErBa_{2-x}K_xCu_3O_{7-\delta}$ superconductor with $x = 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.4$ and 0.6 have been prepared by solid state method. All samples have been prepared in the same sintering process. Transition temperature (T_C), critical current density (J_C), thermopower at room temperature, oxygen coefficient and lattice parameter of the samples were measured. The results show that transition temperature of the samples decrease as the percentage of potassium increases, but not regularly. The results also show that decrease of T_C is due to the exit of oxygen from the samples. In order to overcome this problem, the samples were annealed in oxygen flow for 18 hours, then the results T_C measurements show that the T_C of doped samples are increased.

PACS No. 74

مقدمه

به‌جای باریوم در ابررسانای $ErBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ، تعداد حامل‌های بار یعنی مس‌های سه ظرفیتی Cu^{+3} ، افزایش یابند و دمای گذار افزایش یابد. در مورد جانشینی پتاسیم به‌جای باریوم در ترکیب $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ محققان نتایج ضد و نقیضی را گزارش کرده‌اند. برخی از محققان افزایش دمای گذار تا $135K$ را گزارش کرده‌اند [۱] در صورتی که برخی دیگر کاهش دمای گذار با افزایش میزان پتاسیم را گزارش نموده‌اند [۲ و ۳]. با توجه به نزدیک بودن ساختار بلوری و دمای گذار ابررساناهای خانواده $R123$ و با توجه به نتایج بدست آمده در مورد ساختار ابررسانای $ErBa_2-xK_xCu_3O_{7-\delta}$ [۴] و همچنین نتایج ضد و نقیض بدست آمده در مورد آلایش پتاسیم با ابررسانای $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ در این تحقیق بر

یکی از مهمترین و جالب‌ترین موارد مورد بحث در مطالعه ابررساناهای دمای بالا، بررسی اثرات ناشی از جانشینی‌های (آلایش) کلی و جزئی در این ترکیبات است. بسیاری از خواص ترکیبات ابررساناهای اکسید مس، حاصل مطالعات و بررسی جایگزینی عناصر مختلف در این گروه از مواد است. آلایش ابررساناهای $(R123)$ $RBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ با ناخالصی‌هایی که ظرفیت متفاوتی دارند، تاثیر بسزائی در چگالی حامل‌های بار در سیستم دارد که منجر به تغییر در خواص الکترونیکی و ابررسانائی مواد می‌شود. با توجه به اینکه پتاسیم (K^+) یک ظرفیتی و باریوم (Ba^{+2}) دو ظرفیتی است، لذا انتظار داریم با جانشینی پتاسیم

جدول ۱: پارامترهای شبکه، حجم سلول واحد، دمای گذار (T_C) و اورتورومبیسیتی نمونه‌های آلاییده با پتاسیم

غلظت آلاییده	a(A)	b(A)	c(A)	$V(A^3)$	T_C	$\frac{b-a}{b+a} \times 10^2$
X=0	۳/۸۱	۳/۸۸	۱۱/۶۷	۱۷۲/۵۱	۸۹	۰/۹۱
X=0/05	۳/۸۲	۳/۸۸	۱۱/۶۸	۱۷۳/۱۱	۸۷	۰/۷۷
X=0/1	۳/۸۴	۳/۸۸	۱۱/۷۰	۱۷۴/۳۲	۸۳	۰/۵۱
X=0/2	۳/۸۲	۳/۸۸	۱۱/۶۷	۱۷۳/۴۱	۸۷	۰/۷۷
X=0/4	۳/۸۵	۳/۸۸	۱۱/۶۶	۱۷۴/۱۷	<۷۷	۰/۳۸
X=0/6	۳/۸۲	۳/۸۸	۱۱/۷۰	۱۷۲/۴۱	۷۹	۰/۷۷

از اطلاعات موجود در جدول (۱) آشکار است که پارامترهای شبکه و حجم سلول واحد در اثر این آلایش تغییر چندانی نداشته و نمونه‌ای که کمترین دمای گذار را دارد کمترین اورتورومبیسیتی را دارد و بیشتر از دیگر نمونه‌ها به ساختار تتراگونال نزدیک شده است.

جدول (۲) دمای گذار (T_C)، چگالی جریان بحرانی (J_C)، ضریب اکسیژن ($\gamma-\delta$) و ترموپاور در دمای اتاق (S) نمونه‌ها آورده شده است. ضریب اکسیژن نمونه‌ها به روش تیتراسیون یدومتری اندازه‌گیری شده است. ترموپاور در دمای اتاق بیانگر میزان حفرهای موجود در صفحات CuO_2 به ازای هر اتم Cu است. بعد از انجام آزمایشهای ذکر شده نمونه‌ها به مدت ۱۸ ساعت درون لوله کوارتز اکسیژن‌دهی شدند.

جدول ۲: دمای گذار (T_C)، ضریب اکسیژن ($\gamma-\delta$)، ترموپاور در دمای اتاق (S) و چگالی جریان بحرانی (J_C) نمونه‌های آلاییده با پتاسیم

غلظت آلاییده	T_C	$\gamma-\delta$	S($\mu V/K$)	$J_C(A/cm^2)$
X=0	۸۹	۶/۸۳	۶/۷۳	۳۵/۷
X=0/05	۸۷	۶/۷۶	۱۰/۷۸	۰/۲۱
X=0/1	۸۳	۶/۷۴	۱۱/۹۱	۶/۳
X=0/2	۸۷	۶/۷۷	۱۱/۱۲	۶/۸۴
X=0/4	<۷۷	۶/۶۰	۲۵/۴۳
X=0/6	۷۹	۶/۶۷	۲۱/۱	۰/۲۶

آن شدیم تا آلایش پتاسیم با ابررسانای $ErBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ که از خانواده R_{123} است را مورد بررسی قرار دهیم.

روش آزمایش

ابررسانای $ErBa_{2-x}K_xCu_3O_{7-\delta}$ را به روش حالت جامد برای مقادیر ۰/۶، ۰/۴، ۰/۲، ۰/۱، ۰/۰۵، ۰ با شرایط پخت یکسان تهیه نمودیم. برای تهیه این ترکیب، ابتدا پودرهای Er_2O_3 ، K_2CO_3 ، $BaCO_3$ ، CuO را با درصد خلوص بالا و نسبت‌های وزنی مناسب با یکدیگر ترکیب کرده و مخلوط حاصل را به مدت ۱/۵ ساعت آسیاب نمودیم. برای همگنی پودرهای حاصل و تشکیل پیوند بین مواد اولیه و همچنین نفوذ بیشتر یون‌ها در یکدیگر نمونه‌ها در دمای $980^\circ C$ به مدت ۹ ساعت تکلیس شدند. بعد از این مرحله پودرهای حاصل را به صورت قرص درآورده و جهت مرحله پخت درون کوره قرار گرفتند. مرحله پخت به مدت ۱۲ ساعت در دمای $950^\circ C$ در اتمسفر اکسیژن صورت گرفت. پس از ساخت نمونه‌ها، آزمایش اثر مایسنر روی آنها صورت گرفت که فقط نمونه‌های $x=0$ و $x=0/2$ این اثر را بخوبی از خود نشان دادند. آزمایش‌های اندازه‌گیری دمای گذار (T_C)، چگالی جریان بحرانی (J_C)، ضریب اکسیژن ($\gamma-\delta$)، ترموپاور در دمای اتاق (S) روی نمونه‌ها صورت گرفت و با استفاده از الگوی پراش اشعه X پارامترهای شبکه نمونه‌های آلاییده با پتاسیم محاسبه شدند. در ادامه نمونه‌ها به مدت ۱۸ دیگر ساعت اکسیژن‌دهی شدند که پس از این مرحله، نمونه‌های $x=0$ ، $x=0/1$ ، $x=0/2$ و $x=0/05$ آزمایش اثر مایسنر را بخوبی از خود نشان دادند.

نتایج اندازه‌گیری‌ها

با استفاده از مشخصات قله‌های فاز ابررسانائی (زاویه و اندیس‌های میلر) پارامترهای شبکه را محاسبه کردیم. در جدول (۱) اطلاعات مربوط به پارامترهای شبکه، حجم سلول واحد، دمای گذار (T_C) و اورتورومبیسیتی نمونه‌های آلاییده با پتاسیم آورده شده است. اورتورومبیسیتی به صورت $\frac{b-a}{b+a} \times 10^2$ که در آن a و b تعریف می‌شود که میزان انحراف از ساختار تتراگونال را نشان می‌دهد.

۵- نتایج بدست آمده در مورد ضریب اکسیژن و ترموپاور در دمای اتاق روند نامنظم کاهش T_C را تایید می کنند.

مرجع ها

[۱] Y. Khan, High-temperature superconductivity ($T_c^{\text{onset}} \approx 135\text{K}$) in $K_{0.2}\text{Ba}_{0.5}\text{Y}_{0.3}\text{CuO}_{3-x}$, J. Mater. Sci. Lett. 7, 53 (1988).

[۲] S. Celebi, et al, The effect of potassium doping on resistive transitions and transport critical current of bulk YBCO high- T_c superconductors, Turk. J. Phy. 24, 557-576 (2000).

[۳] X. S. Wu, et al, Comparison of Superconductivity and Structure for $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ with Potassium and Sodium Doping, Journal of Superconductivity: Incorporating Novel Magnetism, Vol. 13, No. 4 (2000).

[۴] ی. حاجتی، م. زرگر شوشتری، م. فرید؛ اثر آلاینش پتاسیم بر ساختار

ابررسانای $\text{ErBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ ، دوازدهمین گردهمایی فیزیک ماده چگال، مرکز

تحصیلات تکمیلی زنجان، ۱۳۸۵

جدول (۳) دمای گذار نمونه های اولیه و نمونه های اکسیژن دهی شده را نشان می دهند.

جدول ۳: دمای گذار نمونه های اولیه و نمونه های اکسیژن دهی شده

غلظت آلاینده	(نمونه های اولیه) T_C	(نمونه های اکسیژن دهی شده) T_C
$X=0$	۸۹	۸۹
$X=0/05$	۸۷	۸۹
$X=0/1$	۸۳	۹۰
$X=0/2$	۸۷	۸۸
$X=0/4$	<۷۷	<۷۷
$X=0/6$	۷۹	۸۲

نتیجه گیری

۱- بررسی ساختار بلوری ترکیب $\text{ErBa}_{2-x}\text{K}_x\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ نشان می دهد که با افزایش میزان پتاسیم، ساختار اورتورومبیک باقی می ماند و پارامترهای شبکه و حجم سلول واحد تغییر چندانی نمی کنند (جدول ۱).

۲- اندازه گیری های مربوط به ضریب اکسیژن نمونه ها نشان می دهند که با افزایش میزان پتاسیم این ضریب کاهش پیدا می کند، لذا آلاینش پتاسیم با ابررسانای $\text{ErBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ باعث خروج اکسیژن از ترکیب ابررسانا شده است و به این دلیل T_C با افزایش میزان پتاسیم کاهش پیدا می کند. پس از اینکه نمونه ها دوباره اکسیژن دهی شدند با توجه به نتایج موجود در جدول (۳)، T_C افزایش پیدا می کند.

۳- نتایج مربوط به اندازه گیری ترموپاور در دمای اتاق نشان می دهند که با افزایش میزان پتاسیم ترموپاور در دمای اتاق بیشتر می شود. لذا نمونه ها به زیر بهینه آلاینش رفته و چگالی حامل ها در صفحات CuO_2 کاهش پیدا می کنند که این امر نیز کاهش T_C را تایید می کند.

۴- با توجه به نتایج موجود در جدول (۲)، در اثر آلاینش پتاسیم با ابررسانای $\text{ErBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ چگالی جریان بحرانی شدیداً کاهش پیدا کرده است.